

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –  
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**  
**Hornicko-geologická fakulta**  
Institut environmentálního inženýrství

**MÍSENÍ DŮLNÍCH VOD  
S POVRCHOVÝMI VODAMI  
VE VYBRANÝCH RECIPIENTECH**

bakalářská práce

**Autor:**

**Jolana Maluchová**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**RNDr. Jana Nováková, Ph.D.**

**Ostrava 2012**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**pro:** Jolanu MALUCHOVOU

**studijní program:** B2 102 Nerostné suroviny

**obor:** 3904 R005 Environmentální inženýrství

**forma studia:** kombinovaná

### Název tématu:

Mísení důlních vod s povrchovými vodami ve vybraných recipientech

Mine water mixing with surface water in the selected receiving rivers

### Zadání pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce

2. Teoretická část – zdroje a charakter důlních vod v OKR, nakládání s nimi v životním prostředí, popis cílových recipientů, legislativní aspekty

3. Experimentální část – možnosti měření koncentrací chloridů ve vodě, jejich detekce v Ostravici a Odře prostřednictvím elektrické konduktivity

4. Závěr – homogenizace vody v recipientech po smísení s důlními vodami, použitelnost směsné rovnice ve srovnání s výsledky přímých měření

5. Použitá literatura

- [1] DVORSKÝ, J., MALUCHA, P., GRMELA, A., RAPANTOVÁ, N. (2006): *Ostravsko-karvinský detrit - spodnobádenská bazální klastika české části Hornoslezské pánve*. Monografie. Montanex, Ostrava. ISBN 80-7225-231-3.
- [2] GRMELA, A., MAŠKOVÁ, E., JELÍNEK, P., TAKLA, G. (2010): *Studie dávkování slaných vod do Odry a jejich přítoků na území České republiky*. Studie GwA 27/10 pro Instytut Ekologii Terénów Uprzemysłowych, Katowice, Polsko. Ostrava 30.9.2010, pp. 1-103. MS.
- [3] MALUCHA, P. (2008): *Řešení hydrogeologických poměrů po uzavření činných dolů OKD, a.s.* Studie. MS Green Gas DPB, a.s. 257 pp. MS.
- [4] MAŠKOVÁ, E., MALUCHA, P. (2011): *Vliv vypouštění důlních vod na jakost vod povrchových v povodí řeky Odry*. Konference HYDROGEOCHÉMIA'11, VŠB – Ostrava, 14-15.6.2011, Sborník pp. 23-26. ISBN 978-80-248-2441-3.
- [5] PITTER, P. (2009): *Hydrochemie*. 4th ed. Praha: VŠCHT Praha, ISBN 978-80-7080-701-9
- [6] YOUNGER, P. L., BANWART, S. A., HEDIN, R. S.: *Mine Water: Hydrology, Pollution, Remediation*. Kluwer Academic Publishers, 2002. ISBN 1-402-00138-X.

## ***Prohlášení***

- *Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.*
- *Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.*
- *Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).*
- *Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.*
- *Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>*
- *Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.*
- *Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).*

V Ostravě dne

.....

*Jolana Maluchová*

## ***Poděkování***

*Na tomto místě chci poděkovat vedoucí mé bakalářské práce RNDr. Janě Novákové, Ph.D. a konzultantce Ing. Elišce Maškové za cenné rady při volbě tématu a metodické vedení.*

*Dále děkuji svému zaměstnavateli – společnosti Green Gas DPB, a.s., že mi během mého studia vyšel vstříc a podpořil mě jak poskytnutím studijního volna, tak i informačním zázemím.*

*Moje poděkování patří i společnostem OKD, a.s. a DIAMO, s.p., které mi pro teoretickou část mé práce umožnily použít vybraná data.*

*Ráda bych poděkovala i svému manželovi, který mi pomohl s fyzicky náročnou terénní etapou práce, se zpracováním grafických příloh a se základní strukturou vyhodnocení výsledků.*

## **Anotace**

Práce se zabývá mísením důlních vod s povrchovými vodami recipientů, do kterých jsou důlní vody vypouštěny. Důlní vody OKR se vyznačují vysokým obsahem chloridu sodného a tedy i dobrou elektrickou vodivostí. Tato vlastnost je experimentálně využita pro detekci důlních vod v povrchových vodách - je navrženo měření elektrické vodivosti povrchových vod přímo v recipientu konduktometrem. Vliv důlních vod a jejich homogenizace ve vodách povrchových je sledována pomocí 3 řad měření elektrické vodivosti v Ostravici a Odře, které se využívají pro vypouštění důlních vod. Měření jsou jak detailní (v blízkém okolí výpustí důlních vod), tak i s širším záběrem (v 18 příčných profilech až po hranici s Polskem). Výsledkem je zjištění, v jaké vzdálenosti od výpusti důlních vod dochází k homogenizaci vody v recipientu a od kterého místa lze aplikovat směšovací rovnici. Dalším výsledkem je i popis míry ovlivnění kvality vody v Ostravici a Odře v období výrazného vodního deficitu na podzim roku 2011.

**Klíčová slova:** důlní voda, OKR, ředění, homogenizace, chloridy, elektrická konduktivita, Ostravice, Odra, hydrologie.

## **Summary**

This thesis deals with the problem of mine water mixing with surface water of receiving rivers, into which the mine water is discharged. The mine water is characteristic by its high content of sodium chloride and thus it has a good electrical conductivity. This property is experimentally used to detect the mine water in surface water. For this purpose it is suggested to measure the electrical conductivity of surface water directly in the receiving river by conductometer. The influence of mine water and the homogenization of surface waters have been studied by 3 in time different sets of measurement of electrical conductivity in Ostravice and Odra rivers, where the mine water is discharged. The measurements were located in the vicinity of discharges of mine water and in a wider range (in 18 transverse profiles) till the border with Poland. These measurements have enabled to determine the distance from the point of discharge of mine water where the mixing equation may be applicable and to describe the extent of water quality influence in Ostravice and Odra in the significant water deficit in autumn 2011.

**Keywords:** mine water, OKR, attenuation, homogenization, chlorides, electrical conductivity, Ostravice, Odra, hydrology.

## Obsah

1.	Úvod.....	1
1.1.	Cíl práce.....	1
2.	Nakládání s důlními vodami v OKR.....	2
3.	Vymezení zájmového území.....	4
3.1.	Základní vymezení.....	4
3.2.	Klimatické poměry v době provádění terénních prací.....	5
3.3.	Hydrologie, charakteristika hlavních vodních toků.....	6
4.	Charakteristika důlních vod OKR.....	8
4.1.	Zdroje důlních vod.....	8
4.2.	Voda vypouštěná z Vodní jámy Jeremenko (VJJ) do Ostravice .....	10
4.3.	Voda vypouštěná z Dolu Paskov do Ostravice.....	11
4.4.	Voda Vrbické stružky tekoucí do Odry .....	13
5.	Vlastnosti chloridů, jejich rizikovost .....	13
6.	Legislativa .....	15
7.	Možnosti měření koncentrace chloridů .....	17
7.1.	Přímé měření.....	17
7.2.	Nepřímé měření .....	19
7.3.	Výpočtem.....	21
8.	Volba techniky a metod použitých pro měření a zpracování dat.....	22
8.1.	Konduktometr .....	22
8.2.	Přístroj GPS .....	23
8.3.	SOP pro laboratorní stanovení chloridů a konduktivity .....	23
8.4.	Popis použitého SW .....	23
9.	Popis vlastního terénního měření .....	24
9.1.	Etapizace terénního měření, charakter. hydrolog. podmínek v době měření ....	24
9.1.1.	Detailní etapa: měření v okolí výpustí .....	24
9.1.2.	Regionální etapa: širší území pro definici účinku ředění a homogenizace	26
9.1.3.	Doplňková etapa: podzimní měření při deficitním stavu.....	28
9.2.	Specifikace měřicích profilů a lokalit.....	29

10.	Převzatá data .....	29
10.1.	Zdroje informací a dat.....	29
10.2.	Green Gas DPB, a.s. ....	30
10.3.	Povodí Odry, s.p. ....	31
10.4.	OKD, a.s. Důl Paskov a Diamo, s.p.....	32
11.	Zhodnocení výsledků .....	33
11.1.	Zhodnocení použitelnosti měřicí metody (srovnání výsledků in situ a laboratorně) .....	33
11.2.	Dosažené výsledky měření a jejich zhodnocení .....	34
11.2.1.	Výsledky jarní řady (21.5.2011).....	35
11.2.2.	Výsledky letní řady (14.8.2011).....	39
11.2.3.	Výsledky podzimní řady (17.11.2011).....	41
11.3.	Výpočet koncentrací chloridů směšovací rovnicí, srovnání výpočtů s výsledky měření .....	43
12.	Závěr .....	45
13.	Seznam literatury .....	47
14.	Seznam legislativy .....	48
15.	Seznam příloh.....	49

### **Seznam použitých zkratek**

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DNH	Dávkovací nádrž Heřmanice
KDP	Karvinská dílčí pánev
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
MZe	Ministerstvo zemědělství
NEK	norma environmentální kvality
NV	nařízení vlády
OKD	Ostravsko karvinské doly
OKR	Ostravsko-karvinský revír
ODP	Ostravská dílčí pánev
PDP	Petřvaldská dílčí pánev
PO	Povodí Odry, s.p.
ř.km.	říční kilometr
VJJ	Vodní jáma Jeremenko
VJŽ	Vodní jáma Žofie



# 1. Úvod

## 1.1. Cíl práce

Ostravsko je známé hlavně jako největší černouhelný revír v České republice. Přesto, že doba nejintenzivnější hornické činnosti v Ostravsko-karvinském revíru (OKR) už uplynula, má – jako dnes už jediný zdroj černého uhlí v České republice – význam především pro hutnický průmysl.

Těžba uhlí je spojena s produkcí důlních vod, které se čerpají z dolů na povrch a vypouštějí do povrchových vodotečí. Pro povrchové vody v regionu OKR jsou důlní vody svým chemismem cizorodé – jedná se o vody se zvýšenou, především chloridovou mineralizací, způsobenou vysokým podílem fosilních mořských vod. Jak uvádí např. Pitter [10], průměrný obsah chloridů v řekách je pouze 7,8 mg/l, zatímco v mořských vodách to je cca 18 800 mg/l. Výskyt chloridů v místních povrchových vodách připouští stávající legislativa do hodnoty 150 mg/l (roční průměr NEK; blíže viz kapitola 6); důlní vody ale koncentraci chloridů v povrchové vodě zvyšují až na řád prvních tisíců mg/l. V ostravské části OKR se vypouštějí do řek Odry a Ostravice, která je přítokem Odry, v karvinské části pak do Olše, což je také přítok Odry.

Ve své práci se zabývám procesem mísení důlních vod s povrchovými vodami ve vybraných recipientech – v Ostravici a Odře. Jedná se v podstatě o dvě dílčí témata – jednak ověření intenzity ředění důlních vod a homogenizace směsi důlních a povrchových vod v řekách po jejich soutoku a dále určení místa v řece pod soutokem, kde je možno použít směsnou rovnici. Pro toto sledování je nutné shromáždit velké množství terénních údajů, proto jsem použila rychlou a levnou metodu - měření elektrické vodivosti (konduktivity), díky které jsem provedla více než 300 měření na cca 20 km vodních toků. V části práce hodnotím vhodnost této metody pro sledování vlivu důlních vod na řeky.

Řeku Ostravici jsem si vybrala z důvodu, že jsou do ní vypouštěny důlní vody z Dolu Paskov a Vodní jámy Jeremenko; řeku Odru proto, že se do ní vlévá Ostravice, a také menší vodoteč Vrbická stružka, která přivádí část důlních vod z petřvaldské a karvinské části OKR. Na Odru se zaměřuji i proto, že odtéká do Polska a její kvalita se musí sledovat s vyšší pozorností jak správcem jejího toku – státním podnikem Povodí Odry, tak i příslušnými orgány Polské republiky.

## 2. Nakládání s důlními vodami v OKR

OKR lze členit na menší územní jednotky [5]:

Ostravská dílčí pánev (ODP) v západní části hodnoceného území, kde byla těžba uhlí ukončena s útlumem uhelného hornictví v OKR na počátku a v průběhu 90. let.

Petřvaldská dílčí pánev (PDP) navazuje na Ostravskou pánev směrem k východu; ani tady už těžba neprobíhá.

Karvinská dílčí pánev (KDP) je východní částí revíru a je činná. Tady stále probíhá těžba uhlí v rámci zachovaných dobývacích prostorů, s výjimkou několika již utlumených závodů (František, Dukla a Barbora; dále Gabriela a Doubrava, kde těžba probíhá nebo donedávna probíhala podzemím ze sousedních činných závodů).

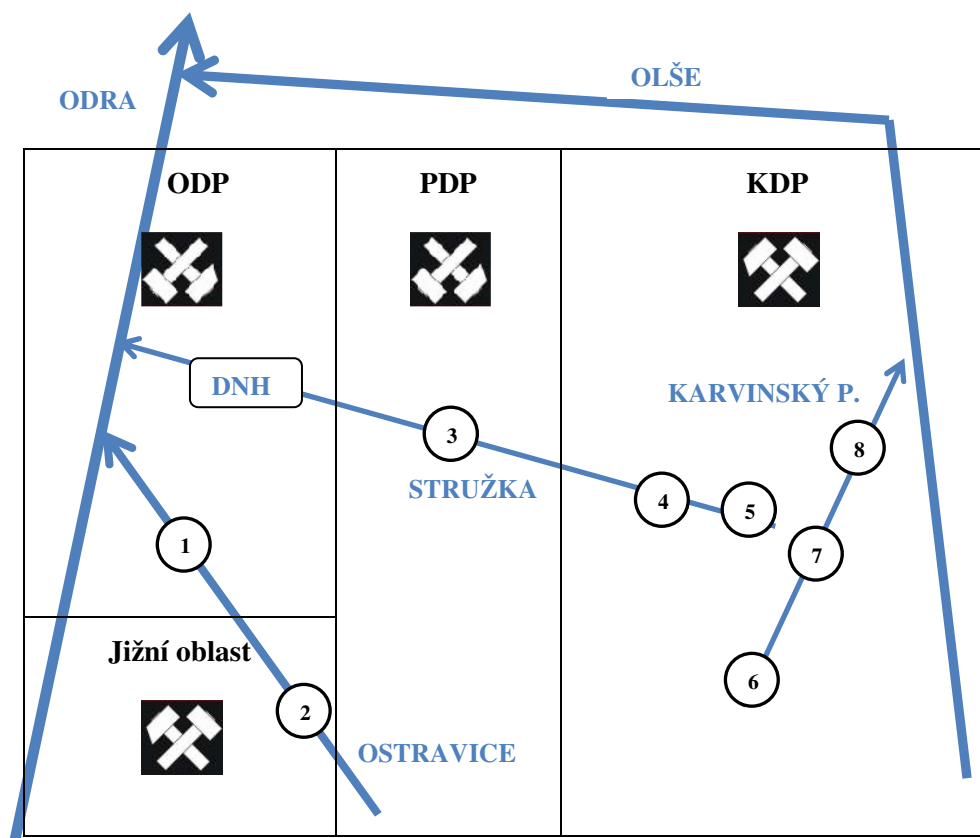
„Jižní oblast“ se rozkládá od Ostravy k jihu a nachází se tady utlumený (a zatápěný) důlní závod Paskov a do dnešní doby činný závod Staříč.

Když skončila těžba v ostravské a petřvaldské části revíru, bylo ukončeno i čerpání důlních vod. Bylo důležité zajistit, aby důlní voda nepřetékala skrytě podzemím do stále činných částí revíru na Karvinsku a nevyvolávala tady riziko pro práci a provoz v podzemí. Proto byly vybudovány tzv. vodní jámy Jeremenko (VJJ) a Žofie (VJŽ). Zde probíhá – a do doby dotěžení uhelných zásob na Karvinsku bude probíhat – umělé snižování vodní hladiny tak, aby důlní voda nepřetékala do činné karvinské části. Voda z VJJ se vypouští přímo do Ostravice, voda z VJŽ se vypouští do potoka Stružka, který protéká přes tzv. Dávkovací nádrž v Ostravě-Heřmanicích (DNH). V DNH se důlní voda ředí a homogenizuje. Směs se potom řízeně (pomocí stavidel) vypouští do Odry podle okamžitého průtoku v Odře, aby při nízkých průtocích v Odře nedocházelo k nadměrnému zatížení toku důlní vodou.

Důlní voda z lokality Staříč v jižní oblasti OKR se čerpá do vyrovnávací nádrže a řízeně se vypouští do řeky Ostravice.

Činné doly na Karvinsku, s výjimkou důlních lokalit Doubrava a Lazy, se nacházejí v povodí řeky Olše. Vody ze závodů Doubrava a Lazy tečou do Stružky a pak do DNH (stejně jako v případě Vodní jámy Žofie). Důlní voda z ostatních karvinských dolů se vypouští do Karvinského potoka. Jím jde voda do řeky Olše a ta se následně vlévá do Odry.

Všechny doly činné části OKD mají k vypouštění důlních vod platné vodoprávní rozhodnutí. Toto Rozhodnutí má limity pro roční vypouštění množství důlních vod a také ukládá povinnost odběrů a analýz vzorků těchto vod. Emisní limity v nich ale nejsou stanoveny.



Obrázek1: Schéma nakládání s důlními vodami v OKR

Vysvětlivky k obrázku 1:

- 1: Vodní jáma Jeremenko, DIAMO, s.p.
- 2: Důl Paskov, OKD, a.s.
- 3: Vodní Jáma Žofie, DIAMO, s.p.
- 4: Důl Karviná, lokalita Lazy, OKD, a.s.
- 5: Důl Karviná, lokalita Doubrava, OKD, a.s.
- 6: Důl ČSM, OKD, a.s.
- 7: Důl Darkov, OKD, a.s.
- 8: Důl Karviná, lokalita Jan-Karel, OKD, a.s.

### 3. Vymezení zájmového území

#### 3.1. Základní vymezení

Schematicky je zobrazeno v příloze 1, detailnější zobrazení je v příloze 2.

Ve své práci jsem se zaměřila na řeky Ostravici a Odru.

Zájmový úsek Ostravice začíná 200 m pod tzv. Hrabovským jezem, v říčním kilometru (dále jen ř.km.) 11,800. Toto místo se nachází mezi katastry Hrabová a Kunčice a hranice mezi nimi probíhá v ose řeky. Sledovaný úsek Ostravice pak pokračuje k severu přes centrum Ostravy (kde v ř.km. 4,656 do Ostravice zprava ústí Lučina) a končí v ř. km. 0,000 na katastru Přívoz (levý břeh) a Hrušov (pravý břeh), kde se zprava vlévá do Odry.

Zájmový úsek Odry začíná na jezu Přívoz, mezi koksovnou Svoboda na pravém břehu a Hornickým muzeem Landek na levém břehu, v ř.km. 11,830 (na hranici katastrů Přívoz a Petřkovice). Odra pak odtéká k severovýchodu, v ř.km. 10,850 zprava přitéká Ostravice a dál pokračuje přes katastry Hrušov, Vrbice, Pudlov až do Starého Bohumína, kde se v ř.km. 4,063 dotkne státní hranice s Polskem, a poté do Bohumína – Kopytova, kde v ř.km -3,930 opouští území České republiky a pokračuje do Polska. Záporná kilometráž je zavedena z důvodu, že se v minulosti počítalo s narovnáním toku Odry od státní hranice proti proudu (průplav), které se nakonec neprovedlo, ale ř.km. se značily, jako by byl tok přímý, takže nenarovnaný úsek je označen zápornými čísly. V ř.km. 6,413 zprava do Odry přitéká potok Vrbická stružka (Stružka), která přivádí důlní vody z vodní jámy Žofie a lokalit Doubrava a Lazy Dolu Karviná.

Terénním měřením jsem tedy prověřila 11,8 km toku Ostravice (ř.km. 0,000 – 11,800) a 7,767 km toku Odry (ř.km. 4,063 – 11,830), což je dohromady 19,567 km říčních toků. Graficky jsou tyto úseky vyznačeny v příloze 1.

Z pohledu vypouštění důlní vody jsou důležitými ř. km. na Ostravici a Odře tyto:

- Ostravice ř.km. 8,765: výpusť důlních vod z Dolu Paskov (Čermákův jez, podle vodohospodářské mapy 1:50 000 „Vítkovický jez“);
- Ostravice ř.km. 8,16: výpusť důlních vod z Vodní jámy Jeremenko (jez u VJJ);
- Odra ř.km. 6,413: soutok s Vrbickou stružkou, přivádějící důlní vody z Petřvaldska a Karvinska.

V tabulce 1 dokládám výčet mapových listů, příslušných pro moje zájmové území.

*Tabulka 1: mapové listy*

měřítko	list	název
1 : 50 000	15-43	Ostrava
1 : 25 000	15-434	Vratimov
	15-432	Ostrava
	15-414	Hlučín

### 3.2. Klimatické poměry v době provádění terénních prací

Základ mé práce je postaven na dokumentaci ředění důlních vod, vypouštěných do Ostravice a Odry. Tento faktor úzce závisí na okamžitém průtoku vody v obou řekách a průtok se odvíjí od klimatické situace v době měření.

Terénní práce jsem prováděla ve 3 časových obdobích:

- jarní měření (21.5.2011)
- letní měření (14.8.2011)
- podzimní měření (17.11.2011)

V tabulce 2 dokládám měsíční srážkové úhrny v roce 2011 ve stanici Slezská Ostrava (zdroj: ČHMÚ, pobočka Ostrava-Poruba). Dále jsou zde uvedeny průměrné měsíční úhrny za období 1961-1990.

*Tabulka 2: měsíční srážkové úhrny (srážky v mm; stanice Slezská Ostrava)*

rok (období)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2011	27,6	19,7	30,3	44,8	83,2	119,5	236	122,8	27,3	47,7	0,0	20,77
1961-1990	35,7	39,8	37,3	58,1	100,7	103,9	113,4	99,5	68,5	47,9	54,7	36,6

Z tabulky je vidět, že květnové měření proběhlo v období chudém na srážky, letní měření pak spadá do nadprůměrných srážkových úhrnů a poslední měření v listopadu je zase ve srážkově deficitním období.

Klimatické poměry se odrazily v průtocích v zájmových řekách. Provádění prací v době vodních deficitů umožnilo sledovat vliv důlních vod v situaci, kdy bylo ředění nízké a zatížení recipientů vypouštěnou důlní vodou bylo výrazné.

### 3.3. Hydrologie, charakteristika hlavních vodních toků

V hodnoceném území se setkáváme s těmito hydrologickými pořadími 4. řádu:

- 2-03-01-061/0: Ostravice od Olešné po Lučinu;
- 2-03-01-083/0: Ostravice od Lučiny po ústí (do Odry);
- 2-02-04-003/1 a 003/3: Odra od Luděhovického potoka po Ostravici;
- 2-03-02-001/0: Odra od Ostravice po Koblovský potok;
- 2-03-02-003/0: Odra od Koblovského potoka po (Vrbickou) Stružku;
- 2-03-02-009/0: Odra od (Vrbické) Stružky po potok „Od bažantnice“;
- 2-03-02-011/0: Odra od potoka „Od bažantnice“ po Bohumínskou Stružku.

**Odra:** je hlavní vodoteč zájmového území (tzv. odvodňovací neboli erozní báze). Protéká v jeho západní části. K Ostravě přitéká od JJZ (od Polanky) a směrem k SSV pokračuje ke svému soutoku s Opavou, tu přibírá zleva, a dále k soutoku s Ostravicí, která je pravobřežním přítokem. Když proteče kolem Landeckého kopce, pod kterým přibírá Ostravici, Odra odtéká dále směrem k SSV. Asi 1 500 m od soutoku s Ostravicí směrem po toku jsou po obou stranách Odry rozsáhlé vodní akumulace – bývalé těžebny šterkopísku. Na levém břehu jsou to tzv. „Antošovická jezera“ (leží v k.ú.Koblov), na pravém břehu Odry je to velké „Vrbické jezero“, které je od severu obtékáno Vrbickou stružkou. Za jezery směřuje Odra k Bohumínu a tam opouští území České republiky. Prakticky na hranici s Polskem přibírá zprava řeku Olši, která přitéká od Karviné. Pro Odru na hraničním profilu platí tzv. „Česko-polská úmluva“ z roku 1958 (viz dále odstavec „DNH“), týkající se obsahu chloridů a železa ve vodě – jde o regulaci následků vypouštění důlní vody do Odry prostřednictvím Ostravice, Stružky a Olše.

**Ostravice:** je to řeka, tvořící historickou hranici mezi Moravou a Slezskem. Protéká středem Ostravy, do které přitéká od jihu (z Beskyd). Když proteče městem Frýdek-Místek, pokračuje k severu a vstupuje do Ostravy. Na katastru Slezské Ostravy přibírá v ř.km. 4,656 zprava řeku Lučinu. Potom Ostravice protéká Hrušovem. Na severním okraji Hrušova se Ostravice vlévá do Odry. Ostravice je důležitá právě z hlediska vypouštění důlních vod z Vodní jámy Jeremenko. VJJ se nachází v místě bývalého Dolu Jeremenko Dolu Ostrava. Tady se čerpáním snižuje hladina důlních vod a voda se pak odvádí nadzemním potrubím k Ostravici a vypouští se do ní (nedaleko křížení Ostravice a ulice Rudná).

**Lučina, historický název Lucina:** přitéká do Ostravy od jihovýchodu (od města Havířov, kterým protéká). Do bývalé hornické oblasti vstupuje Lučina v Radvanicích a potom protéká Slezskou Ostravou, kde zprava ústí do Ostravice.

**Vrbická stružka:** je menší vodoteč, přitékající k Ostravě od východu, z oblasti karvinské dílní pánve. Je pravostranným přítokem Odry a vlévá se do ní blízko severního okraje Vrbického jezera. Stružka vlastně celým svým tokem prochází v minulosti nebo i v současnosti poddolovanou oblastí. Vzniká soutokem Doubravské a Lazecké stružky (dobývací prostory Doubrava a Lazy, částečně i Karviná-Doly I) a pokračuje přes katastry, podle kterých mění svůj název (Orlovská, Petřvaldská, Vrbická) až do katastru Bohumín-Pudlov (1 rameno) a Bohumín-Chalupki (2 rameno), kde ústí do Odry. Stružka je důležitá z hlediska vypouštění a odvádění slaných důlních vod. Stejně jako Ostravice je Stružka recipientem, který odvádí důlní vodu, a to dnes z Vodní jámy Žofie v Petřvaldě a z lokalit Lazy a Doubrava Dolu Karviná. Nedávno sem vodu občas vypouštěl i zrušený Důl Dukla. Stružka je specifická i tím, že její tok je na Rychvaldském jezu rozdělen do 3 ramen. Jedno rameno jde přímo do Odry (Vrbická stružka), druhé směřuje jako Bohumínská stružka k rybníkům u Bohumína (Nový Stav, Lesník, Zábalský) a pak do Odry, a třetí (náhon DNH) je odkloněno do Dávkovací nádrže slaných důlních vod v Heřmanicích, kde probíhá dávkování důlních vod tak, aby nedocházelo k nepříjemnému zvýšení koncentrací v řece Odře na hranicích s Polskem.

**DNH** (Dávkovací nádrž slaných důlních vod v Heřmanicích) je vodohospodářské dílo, které zajišťuje řízené vypouštění části slaných důlních vod, přitékajících Stružkou z Karvinska a Petřvaldska. Je to boční nádrž na Stružce, do které přitéká voda náhonem od jezu v Rychvaldě. Jak uvádím v předchozím odstavci, je voda od jezu v Rychvaldě odváděna 3 koryty: 1 rameno - tzv. Bohumínská stružka – teče směrem přes rybníky Zábalský, Nový Stav a Lesník přes ŽDB a.s. v Bohumíně; dále protéká Bohumínem a ústí do řeky Odry pod hraničním profilem, který je ve Starém Bohumíně - Chalupkách. Další rameno – tzv. Vrbická stružka odtéká přes katastr Vrbice a Pudlov (po severním okraji Vrbického jezera) a ústí rovněž do Odry (vysoko nad hraničním profilem v Chalupkách). Z Vrbické stružky (2. rameno) hned pod Rychvaldským jezem odbočuje 3. rameno – tzv. „přivaděč“, který přepouští vodu do DNH, a odtud je řízeně zpět vypouštěna do Vrbické stružky. DNH je vodohospodářské zařízení, jehož činnost je aktuálně umožněna Rozhodnutím č. 2338/07/VH – O povolení k nakládání s vodami pro „Dávkovací nádrž

slaných důlních vod v Ostravě – Heřmanicích“, vydaném Magistrátem města Ostravy, odbor ochrany životního prostředí ze dne 6.11.2007. Dávkování slaných důlních vod probíhá tak, aby v řece Olše v profilu Bohumín nebyly překročeny hodnoty maximálních koncentrací chloridových iontů ve smyslu „Úmluvy mezi vládou Československé republiky a Polské republiky o vodním hospodářství na hraničních vodách“ z roku 1958, jejichž plnění přešlo pro příslušnou část hranice dnem 1.1.1993 na Českou republiku (tzv. „česko-polská úmluva“). Limitní koncentrace chloridů se vážou na průtok vody v Odře. Při dávkování obsluha dávkovací nádrže Heřmanice spolupracuje s dispečinkem Povodí Odry, s.p. Podle vodnosti recipientu se voda rozděluje do jednotlivých ramen.

V tabulce 3 uvádím ze zdrojů ČHMÚ v Ostravě – Porubě (dle ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod) a z měření Povodí Odry, s.p. údaje o průtocích na 3 říčních profilech. Statistická řada z období 1961-1980 je posledním oficiálně používaným obdobím (ověřeno na PO).

Tabulka 3: průtoky ( $Q$ ) v povrchových tocích v  $m^3/s$  (ČHMÚ, Povodí Odry s.p.)

profil	místo	1	2	3	4	5
2923	Lučina (Radvanice)	2,38	0,14	3,37	0,70	
2930	Ostravice (Ostrava)	15,5	1,34	8,82	1,80	1,77 (31.8.1992)
2940	Odra (Bohumín)	48,1	4,65	35,16	14,50	4,56 (31.8.1992)

#### Vysvětlivky k tabulce 3:

- 1: průměrný průtok vypočtený z reálné řady průtoků za období 1931-1980, ČHMÚ
- 2: minimální průtok vypočtený z reálné řady průtoků za období 1931-1980, ČHMÚ
- 3: průměrný průtok za rok 2011, Povodí Odry, s.p.
- 4: minimální průtok za rok 2011, Povodí Odry, s.p.
- 5: dokumentovaný nejnižší denní průtok za posledních 50 let (s uvedením data), ČHMÚ

## **4. Charakteristika důlních vod OKR**

### **4.1. Zdroje důlních vod**

Jak vyplývá např. z [2, 5], důlní vody v oblasti hornoslezské pánve se vyznačují vysokou salinitou s převahou iontů  $Na^+$  a  $Cl^-$ . Tyto vody jsou čerpány z dolů na povrch a po předčištění v sedimentačních jímkách jsou zpravidla vypouštěny přímo do vodotečí.



Vysoké obsahy rozpuštěných látek (zejména RAS – rozpuštěných anorganických solí) jsou jednou z hlavních příčin zhoršené kvality povrchových vod.

Mezi přírodní zdroje důlních vod patří vody povrchové, vody kvartérních zvodní (fluviální terasové štěrkopísky Odry a Ostravice), vody zvodní třetihorního (spodnobadenského) pokryvu karbonu (písčité polohy v převážně pelitické facii třetihor a dále štěrkopísčité a písčité bazální klastika spodního badenu, tzv. detrit, které jsou nasyceny fosilní mořskou vodou) a vody hlavně puklinových systémů svrchního karbonu.

Prosté podzemní vody jsou přechodného  $\text{Ca-Mg-HCO}_3\text{-SO}_4$  typu a v minulosti byly často (dnes již omezeně) využívány k vodárenským účelům. Chemismus kvartérních vod je silně proměnlivý vzhledem k nízkým celkovým mineralizacím (cca 200 až 300 mg/l). Převažujícími ionty jsou vápník, sodík, bikarbonáty nebo v OKR rozšířené sírany (vliv hlušín deponovaných na povrchu terénu). Prosté vody pronikají do karbonu jen v místech přímých výchozů karbonu na povrch (tzv. karbonská okna) nebo tam, kde je karbon v kontaktu s kvartérními zvodněmi nebo přímo s řekami. To je hlavně na soutoku řek Odry a Ostravice (Hrušov), kde dosedá kvartérní vodonosný kolektor přímo na karbonské pohoří a na soutoku Ostravice a Lučiny, které tady tečou po karbonských horninách.

Hlavním zdrojem slaných vod je tzv. detrit. Je v OKR hydrogeologickou strukturou prvního řádu, která má pro zatápění dolů - spolu s vodami povrchovými a kvartérními - hlavní roli. Hydrochemicky se jedná o vody typu Na-Cl se silně proměnlivou mineralizací 10-30 g/l, syčené  $\text{CH}_4$ . Voda detritu je fosilní mořská voda, která v třetihorách (v době alpinských horotvorných pochodů) pronikla od jihu (dnešní Středozemní moře) přes prostor dnešního OKR až na polské území. Kromě detritu existují ještě další, podružnější kolektory fosilních mořských vod, které se nacházejí v třetihorním pokryvu v nadloží karbonu. Ty jsou písčitého charakteru. Vody mají zvýšený obsah jodidů a bromidů organického původu a mají i balneologické využití - jsou to tzv. jodobromové vody (Lázně Darkov, a.s. v Karvině a Sanatoria v Klimkovicích u Ostravy-Poruby).

Třetihorní pokryv je převážně jílovitý (tedy má izolátorské vlastnosti) a kolektory byly v jílovitých sedimentech uzavřeny. Při hornické činnosti ale dochází k porušení těsnosti karbonských hornin, porušení dosahuje až k reliéfu karbonu a slaná voda z třetihorních zvodní proniká do důlních prostor. Odtud se pak musí čerpat na povrch a vypouštět jako součást důlních vod [2, 5].

Mezi umělé zdroje důlních vod patří vody, které se používají k provozním účelům při důlní činnosti, které jsou přiváděny do dolu z povrchu. Části těchto vod, spolu s vodami z hydrogeologických zdrojů, se můžou zdržovat ve starých důlních dílech, kde se jim silně mění chemismus produkty zvětrávání. Chemismus těchto vod je ovlivněn i dobou zdržení a rychlostí průtoků důlních vod starými důlními díly.

V případě činných dolů je důlní voda tvořena směsí fosilních slaných mořských vod a vod provozních, které jsou naopak sladké. Výsledná směs je tedy ředěná a dosahuje koncentrace chloridů v úrovni 5-6 g/l. Na druhou stranu je produkce množství důlních vod vyšší. V případě důlních vod z uzavřených dolů (ostravská a petřvaldská část OKR) podíl provozních vod chybí a množství důlních vod je o to nižší. Z pohledu koncentrací chloridů je důležité, jestli se jedná o ostravskou nebo petřvaldskou část OKR. Ostravská část je charakteristická průnikem sladkých vod z povrchu (kvartérní zvodně, řeky) a tak dochází k ředění důlních vod (koncentrace chloridů i v době činnosti zdejších dolů byla nižší, než v případě petřvaldských nebo karvinských dolů). V současné době se důlní voda z ostravské části revíru čerpá vodní jámou Jeremenko a koncentrace chloridů dosahuje cca 4 g/l. V případě Vodní jámy Žofie v Petřvaldě, kde se čerpá voda z petřvaldské části OKR, je koncentrace chloridů cca 6,5 g/l.

#### 4.2. Voda vypouštěná z Vodní jámy Jeremenko (VJJ) do Ostravice

Pro studii [5] byl z výpusti VJJ odebrán vzorek důlní vody. Výsledky analýzy jsou obsaženy v tabulce 4.

*Tabulka 4: chemismus vody z výpusti VJJ (2008, podle [5])  
(koncentrace v mg/l, vodivost v uS/cm)*

RL	vodivost	Cl	SO <sub>4</sub>	Mg	Ca	Fe	Na	CHSK <sub>Cr</sub>	J	Br
11 000	<b>17 000</b>	4 940	690	135	143	0,171	3540	54,2	2,5	17,9

Jedná se o středně mineralizovanou sodno-chloridovou vodu.

Hodnověrnější informaci o chemismu důlní vody, vypouštěné VJJ do Ostravice, poskytují roční vodohospodářské zprávy [7, 13]. Podle těchto údajů se koncentrace chloridů od roku 2003 snížily zhruba na polovinu a dostaly se na nynější cca 4 g/l – viz graf na obrázku 1.

Koncentrace chloridů před rokem 2003 byly vyšší než dnes. Např. v období těžby dosahovala koncentrace chloridů hodnot až 9 g/l. Když po ukončení těžby a částečném zatopení opuštěného podzemí bylo v srpnu 2001 zahájeno čerpání z VJJ, tak došlo k prudkému nárůstu obsahu chloridů v čerpaných vodách až na 14 g/l (čerpáním se podpořilo zvýšené uvolňování chloridů). Pak následuje pokles s dnešními hodnotami cca 4 g/l (viz obrázek 2).

Aktuálně se z VJJ čerpá cca 185 l/s vody. Většinu roku je v činnosti jen 1 čerpadlo s čerpaným množstvím 175 l/s a je snaha o jeho nepřerušovaný provoz, protože nárazy při rozběhu čerpadel uvolňují více solí do vody. Občas se spustí i 2 čerpadla, takže čerpané množství se zdvojnásobí. Např. v roce 2011 to bylo v dubnu a listopadu (v listopadu jsem prováděla poslední řadu měření – viz obrázek 16 fotodokumentace – silný proud důlní vody z výpusti VJJ do Ostravice); v kombinaci s podzimním hlubokým vodním deficitem to znamenalo vysoké zatížení recipientu.

### 4.3. Voda vypouštěná z Dolu Paskov do Ostravice

Kromě VJJ se do Ostravice vypouští i důlní voda z Dolu Paskov. Vypouští se pod tzv. Čermákovým jezem (podle Vodohospodářské mapy 1:50 000 je název „Vítkovický jez“), v ř.km. 8,600. Podle ročních vodohospodářských zpráv [7, 13] – obsahuje důlní voda z dolu Paskov maximálně 2 g/l chloridů a v průměru nepřekračuje 1 g/l. V tabulce 5 uvádím průměrné koncentrace látek v důlní vodě za rok 2011. Ve srovnání s tabulkou 4 je rozsah sledovaných látek nižší.

*Tabulka 5: průměrný chemismus vody z výpusti Dolu Paskov za rok 2011 (podle [7])  
(koncentrace v mg/l, vodivost v uS/cm)*

RAS	vodivost	Cl	SO <sub>4</sub>	Fe
1 410	<b>4 000 (*)</b>	824	49,5	0,66

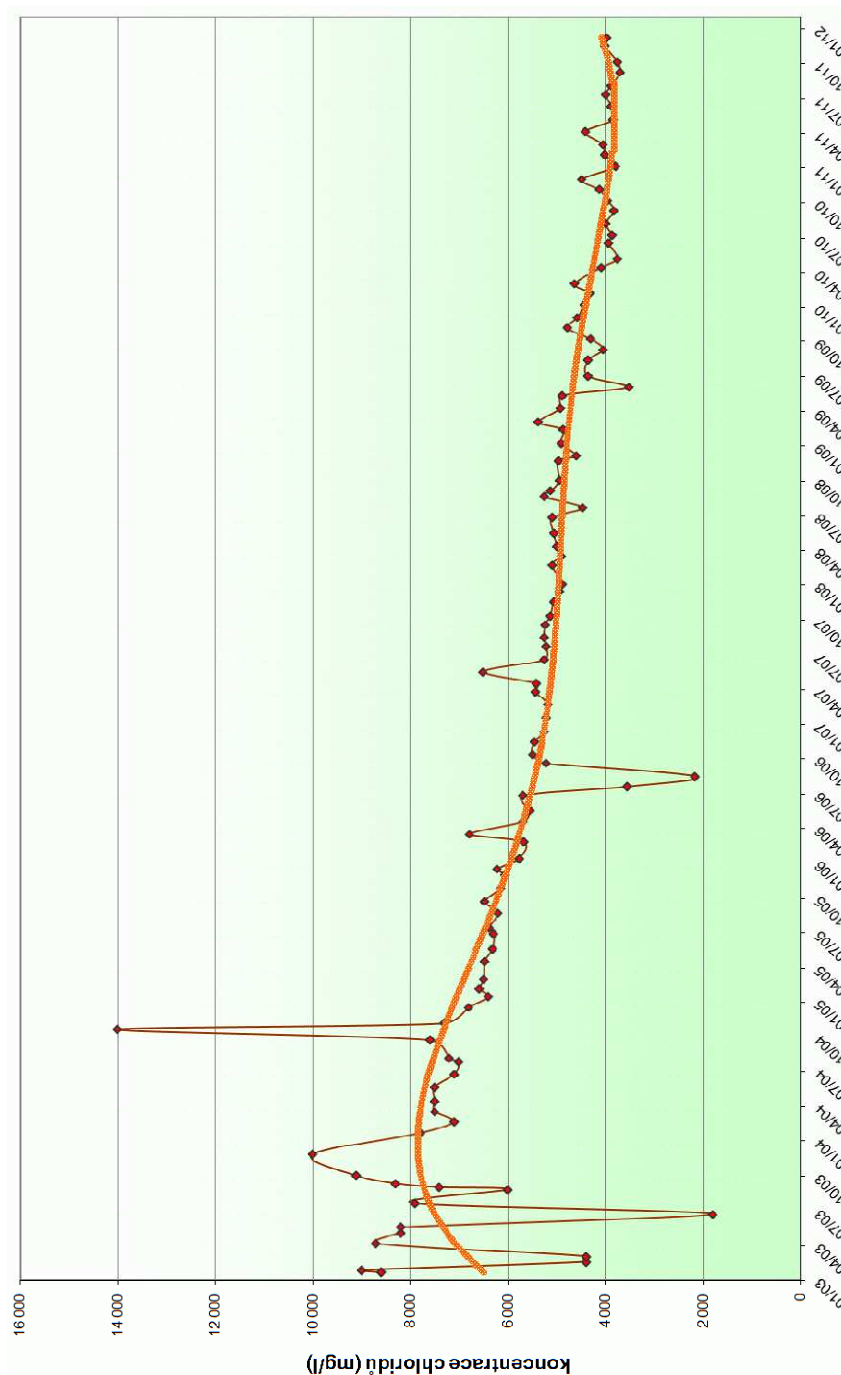
#### Vysvětlivka k tabulce 5:

(\*) vodivost se nestanovuje; hodnotu jsem odečetla z grafu na obrázku 4 (odpovídá hodnotě konduktivity, kterou jsem změřila 21.5.2011 na bodu 215A - výpust' důlních vod na Čermákově jezu).

Jedná se o slabě mineralizovanou sodno-chloridovou vodu. Voda je o hodně méně mineralizovaná, než v případě VJJ, protože obsahuje i provozní vodu. Navíc Důl Paskov je

specifický nízkou vydatností přítoků vody do důlních prostor přímo z horniny (ve srovnání s doly na Karvinsku, např. Důl ČSM) a většina objemu důlní vody je voda provozní.

Aktuálně se z Dolu Paskov vypouští cca 1 mil. m<sup>3</sup>/rok důlních vod a tomu odpovídá průměrně 32 l/s vody.



Obrázek 2: vývoj koncentrace chloridů v důlních vodách VJJ (podle [4])

#### 4.4. Voda Vrbické stružky tekoucí do Odry

Voda Vrbické stružky není tak úplně důlní vodou, ale jedná se o směs důlní vody z Vodní jámy Žofie (petřvaldská část OKR) a dolů Lazy a Doubrava (karvinská část). Charakteristika vodoteče je v kapitole 3.3. V tabulce 6 dokládám příklad chemismu vody ze Stružky podle analýzy června 2008, kterou prováděl Green Gas DPB, a.s.

Tabulka 6: chemismus vody Vrbické stružky (data Green Gas DPB, a.s.; 6/2008)  
(koncentrace v mg/l, vodivost v uS/cm)

RL	vodivost	Cl	SO <sub>4</sub>	Mg	Ca	Fe	Na	J	Br
4 400	<b>7 350</b>	2 350	179	83,4	154	0,148	1 230	1,7	10

Jedná se o středně mineralizovanou sodno-chloridovou vodu. Oproti vodě z VJJ je méně mineralizovaná a to je dáno příměsí běžné povrchové sladké vody, která v potoce teče a ředí důlní vodu. Mineralizace je ale vyšší, než u důlní vody Dolu Paskov, protože do Stružky se vypouští voda z VJŽ a některých dolů na Karvinsku, kde je vydatnost přítoků slané vody do důlních prostor přímo z horniny mnohem vyšší, než u Dolu Paskov.

Průměrný průtok vody ve Stružce na profilu u jezu Rychvald je 300 l/s vody. Za normálních stavů je minimální průtok 6 l/s (QM<sub>364</sub>), maximální 815 l/s (QM<sub>30</sub>).

### 5. Vlastnosti chloridů, jejich rizikovost

Chloridy jsou soli kyseliny chlorovodíkové (HCl). Jejich nejznámějším zástupcem je chlorid sodný (NaCl). Chlór v nich zaujímá podobu iontu Cl<sup>-</sup>. Chloridy se většinou velmi dobře rozpouští ve vodě.

Jak uvádí např. Pitter [11], sloučeniny chloru jsou sice poměrně rovnoměrně rozloženy v půdě a horninách, ale jen v malých koncentracích v průměru 10-500 mg/kg, což je podstatně méně, než vápníku, hořčíku, sodíku, draslíku a sloučenin síry). Zvětráváním a vyluhováním přecházejí do vody. Nejvyšší výskyt chloridů je v lokalitách s výskytem ložisek kamenné soli, draselných solí a v přímořských oblastech. Jistá množství chloridů se také dostávají do atmosféry v rámci vulkanické činnosti a přirozených lesních požárů.

Z toho vyplývá, že mnou hodnocené území nemá předpoklad ke zvýšenému přirozenému výskytu chloridů ve vodách. Pitter uvádí, že v povrchových a prostých podzemních vodách dosahují koncentrace chloridů obvykle jednotek až desítek mg/l.

Významným zdrojem chloridů je ale antropogenní činnost. Člověk vyloučí v moči cca 9 g chloridů za den, které se dostávají do splaškových vod [11]. Obdobně i močůvka je charakteristická vysokou koncentrací chloridů. Dalším zdrojem je i zimní solení vozovek nebo odpadní vody z průmyslu, používajícího chlorid sodný nebo kyselinu chlorovodíkovou [21]. Chlor je jedna z vůbec nejvýznamnějších surovin chemického průmyslu, hojně využívaná například při výrobě chlorovaných plastických hmot jako například PVC. Chlorid sodný je dále využíván jako změkčovač vody v průmyslu i v domácnostech, například do myček nádobí, při průmyslových procesech, kde chloridy vznikají jako odpady (jde například metalurgii, pokovování nebo elektrotechniku), v potravinářství (solení produktů, odpady z potravinářského průmyslu – solné roztoky); chloridy se do životního prostředí uvolňují i ze špatně zajištěných skládek odpadů a elektrárenských popílků. Rovněž spalování uhlí představuje významný antropogenní zdroj chloridů, ale v posledních letech se díky progresivním opatřením takto uvolňovaná množství snižují.

### **Dopady na životní prostředí**

Obecně o chloridech, převážně chloridu sodném a draselném, lze říci, že většina rostlin i živočichů má značnou toleranci k jejich vyšším koncentracím [21]. Tato tolerance má ovšem svou mez, která je u různých druhů různá. Po jejím překročení dochází k úhynům rostlin z důvodu vysoké salinity (solnosti). Názorný příklad představuje solení povrchů vozovek. Chlorid sodný užívaný k tomuto účelu se časem z vozovky smyje do okolní půdy, kde zvýší její salinitu. Přirozeně zde rostoucí rostliny s nízkou mírou tolerance vůči solím mohou tedy uhynout, ale když jsou na tato místa nasazeny druhy rostlin žijící v bažinách a rašeliništích, které jsou na vyšší koncentrace solí v půdě adaptované, velmi dobře prospívají. Zasolování půd a vod je proto problémem, kterému je věnována velká pozornost. Může vést k úhynu živočichů a rostlin a ke změnám ve druhovém složení ekosystémů. Existují však i živočichové, jako například lososi, kteří mají velmi dobře vyvinutý metabolismus a jsou schopni žít jak ve vodě slané, tak i ve vodě sladké.

Chloridy se jen málo adsorbují na zeminy a sedimenty, a proto migrují s povrchovými i podzemními vodami. Obrovské specifické problémy mají přímořské státy, které příliš využívají podzemní zdroje vod na pobřeží, kde potom dochází k postupu mořské vody do pevninského horninového prostředí a znehodnocení sladkovodních zdrojů podzemní vody v příbřežních oblastech [21].

### **Dopady na zdraví člověka, rizika**

Chloridy, zastoupené chloridem sodným, jsou pro člověka nezbytnou složkou potravy, bez které lidský organismus není schopen správně fungovat. Na druhou stranu přílišné dávky solí mohou způsobit závažné poškození organismu. Chloridy ovlivňují chuť vody, mají vliv na klouby, což je dáno zvýšenou mineralizací, způsobují ledvinové a žlučnickové kameny a hypertenzi. Vyšší obsah nepříznivě ovlivňuje i korozivní účinek vody. Toxikologické vlastnosti běžně se vyskytujících chloridů však nejsou významné [11, 21].

## **6. Legislativa**

Jak uvádí např. [8], důlní vody jsou definovány v Horním zákoně č. 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství. Podle § 40 tohoto zákona jsou důlními vodami všechny podzemní, povrchové a srážkové vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů bez ohledu na to, jestli se to stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku, nebo prostým stékáním srážkové vody, a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami. Organizace nebo fyzické osoby, které v rámci své podnikatelské činnosti vykonávají vyhledávání, průzkum nebo dobývání výhradních ložisek nebo jinou hornickou činnost, jsou oprávněny vypouštět důlní vodu, kterou nepotřebují pro vlastní činnost, do vod povrchových nebo i podzemních. K této činnosti nepotřebují povolení k nakládání s vodami ve smyslu § 8, odstavec 3, písmeno f) zákona č. 254/2001 Sb. ve znění pozdějších novel – **vodního zákona**, to znamená, že ve smyslu § 38 tohoto zákona důlní vody nejsou vodami odpadními. Podle odst. 3 tohoto § ale každý, kdo vypouští důlní vody, tak může učinit pouze způsobem a za podmínek, které stanoví vodoprávní úřad rozhodnutím, přitom je ale kompetentní vydávat tato rozhodnutí dle § 107 odst. písmeno i) krajský úřad. Takový postup má zaručit, aby recipienty byly vypouštěnými důlními vodami zatěžovány v co nejmenší míře, uplatňuje se

tady individuální přístup podle místních vodohospodářských podmínek a vždy se přihlíží k tzv. normám environmentální kvality (NEK), které jsou pro povrchové vody dány Nařízením vlády (NV) č. 23/2011 Sb. Charakteristickým znečištěním důlních vod je vysoký obsah chloridových iontů, síranových iontů a rozpuštěných látek vůbec (resp. RAS – rozpuštěných anorganických solí), tedy vysoká salinita. V tabulce 7 jsou pro tyto ukazatele NEK uvedeny:

Tabulka 7: NEK pro vybrané ukazatele

ukazatel	značka	jednotka	NEK – PR (průměrná hodnota)
rozpuštěné látky sušené	RL <sub>105</sub>	mg/l	750
chloridy	Cl <sup>-</sup>	mg/l	<b>150</b>
sírany	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	200

Je pochopitelné, že limity NEK není možno uplatňovat v každém místě toku, tedy i např. v těsné blízkosti pod výpustěmi odpadních vod. Podle Vyhlášky MZe č. 98/2011 Sb. (O způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod) je možno ve smyslu § 6 stanovit tzv. „**mísicí zónu**“. Jako mísicí zóna může být vymezena část útvaru povrchových vod bezprostředně navazující na místo vypouštění odpadních vod, kde koncentrace prioritních látek (podle přílohy č. 6 NV č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 23/2011 Sb.) a dále aldrinu, dieldrinu, endrinu, isodrinu, p, p'-DDT, DDT celkem, tetrachlorethylenu, trichlorethylenu mohou překračovat příslušné normy environmentální kvality (NEK), pokud neovlivní dodržení těchto norem ve zbývajících částech daného útvaru povrchových vod. Rozsah mísicí zóny musí být omezen na okolí přilehlé k místu vypouštění, přiměřený s ohledem na koncentrace znečišťujících látek v místě vypouštění, v souladu s podmínkami týkajícími se emisí znečišťujících látek podle vyhlášky o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik a podle právních předpisů Evropské unie a v souladu s použitím nejlepších dostupných technik.

Protože chloridy nespádají mezi prioritní látky podle přílohy č. 6 NV č. 61/2003 Sb., není na Odře, Ostravici nebo Olši pro vypusti důlních vod mísicí zóna stanovována.



V minulosti byl z hlediska požadavku na kvalitu povrchových vod, do nichž byly vypouštěny vody odpadní, využíván i tzv. „**odsunutý profil**“ [22]. Při nahrazení zákona č. 111/1955 Sb. zákonem č. 138/1973 Sb. O vodách bylo podle ustanovení § 23 nutno stanovit hodnoty znečištění povrchových vod zhodnocením zdroje znečištění s přihlédnutím k ostatním zdrojům znečištění nad a pod zdrojem znečištění. Proto bylo přijato Usnesení vlády č. 25/1975 Sb., jímž se stanovily ukazatele přípustného stupně znečištění vod. Postup tehdejších Národních výborů byl:

- přezkoumání jednotlivých oznámení znečišťovatelů,
- jejich posouzení a stanovení limitů vypouštěného znečištění,
- zjištění výchozí jakosti povrchové vody

Následně byly určeny limity vypouštěného znečištění tak, aby míra tohoto znečištění byla v souladu se zákonem č. 138/1973 Sb. a Usnesení vlády č. 25/1975 Sb. Při posuzování se vycházelo vždy od nejvýše položeného znečištění na toku. Vyhodnotilo se, zda přírůstek znečištění při předpokladu základního čištění odpadních vod nepřesáhne číselnou hodnotu příslušného ukazatele v toku v místě vypouštění odpadních vod. Jestliže v místě vypouštění odpadních vod byla při předpokladu základního čištění překročena číselná hodnota příslušného ukazatele, uvažil Národní výbor, zda lze hodnocený profil odsunout dále po toku (profil nesměl být odsunut dále než k profilu nejbližšího nakládání s vodou). Odsunutím profilu se využilo především ředících schopností dalších přítoků. Samočištění se neuvažovalo; odsunutí hodnoceného profilu se nepoužívalo u vodárenských toků.

## **7. Možnosti měření koncentrace chloridů**

### **7.1. Přímé měření**

Chloridy můžeme měřit přímým způsobem, tj. pomocí analytických metod, určených pro chloridy, a to jak v „kamenné“ laboratoři, tak přímo v terénu (mobilní laboratoře, terénní ruční přístroje).

Měření chloridů (ale i dalších parametrů) přímo v terénu je obvykle spojeno s řadou praktických komplikací a musí se aspoň do určité míry splnit některé (např. klimatické) podmínky.

Dnes už jsou na trhu terénní přístroje, umožňující relativně rychlé dosažení požadovaných výsledků. Většinou se jedná o multiparametrické terénní přístroje, které měří hlavně pH, vodivost, teplotu a rozpuštěný kyslík a s použitím rozšířeného příslušenství jde měřit i řada dalších parametrů – kromě chloridů např. i amonné ionty, dusičnany, rozpuštěné látky, redox potenciál (viz např. <http://www.flow-group.cz/ysi-proplus-big4> nebo <http://www.ekotechnika.cz/terenni-merici-pristroje-zakladni>). Výhodou je to, že máme výsledek k dispozici hned a na případné anomálie můžeme operativně reagovat např. dalším ověřovacím a upřesňujícím měřením. Tyto přístroje používá řada institucí a firem, např. Akademie věd ČR, Česká zemědělská univerzita v Praze, ČVUT v Praze, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Mendelova univerzita v Brně, OVaK, a.s., řada pivovarů, Povodí Labe, Moravy, Odry, Ohře, Vltavy, Slovenská akadémia vied, Slovenská technická univerzita v Bratislavě, SmVaK Ostrava, Vodní zdroje Holešov, Vodní zdroje Chrudim, Vysoké učení technické v Brně, Výzkumný ústav vodného hospodářstva Bratislava, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, ...

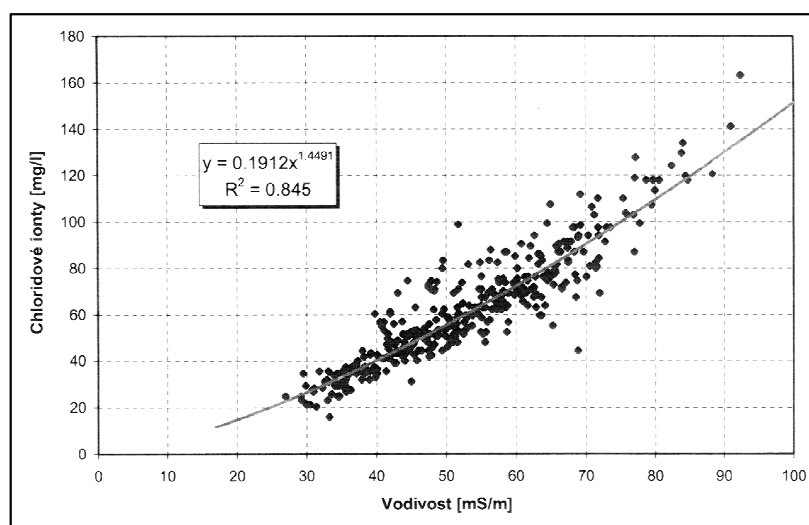
Analýza v laboratoři má dostatečnou spolehlivost a v terénu jí předchází jen odběr vzorku vody a transport do laboratoře (i tyto úkony je nutno provést za dodržení určitých předepsaných postupů). Stanovení chloridů lze provádět titračně; v laboratoři Labtech, s.r.o. (bývalé laboratoře mého zaměstnavatele Green Gas DPB, a.s.) se analýza provádí chromatograficky (viz např. <http://www.irz.cz/node/131>). Např. pro odpadní vody byla v 11/1998 vydána norma ČSN EN ISO 10304-2 (75 7391) Jakost vod – Stanovení rozpuštěných aniontů metodou kapalinové chromatografie iontů – Část 2: Stanovení bromidů, chloridů, dusičnanů, dusitanů, orthofosforečnanů a síranů v odpadních vodách (11/1998). Pracovní rozmezí uvedené analytické metody pro stanovení chloridů je 0,1 mg/l až 50 mg/l. Tohoto pracovního rozmezí lze dosáhnout vhodnou předúpravou vzorku (například ředěním). Dělení iontů kapalinovou chromatografií probíhá na dělicí koloně. K detekci se používá vodivostní nebo UV detektor. Absorpce procházejícího světla se pomocí UV detekce měří buď přímo, nebo se měří pokles základní absorpce vyvolaný mobilní fází absorbující UV záření. Koncentrace jednotlivých anionů se vyčíslí po kalibraci celého postupu.

Nevýhodou stanovení v laboratoři je doba, kterou se čeká na výsledek a rovněž cena za analýzu (včetně přípravy vzorku, archivace, skartace: 220,- Kč dle ceníku Labtech s.r.o. pro rok 2012).

## 7.2. Nepřímé měření

Využíváme definované závislosti 2 parametrů a měřením jednoho z nich zjistíme hodnotu druhého. V případě chloridů jde využít výrazné elektronegativity chloridového aniontu, jehož přítomnost významně ovlivňuje elektroodporové vlastnosti rozpouštědla, v němž je rozpuštěn, tj. v našem případě důlních vod. Je to známá věc, která se dá předvést např. na školním pokusu, kdy se svítivost žárovky zapojené v obvodu, vedeného přes kádinku s destilovanou vodou, zvyšuje s přidáváním kuchyňské soli do vody.

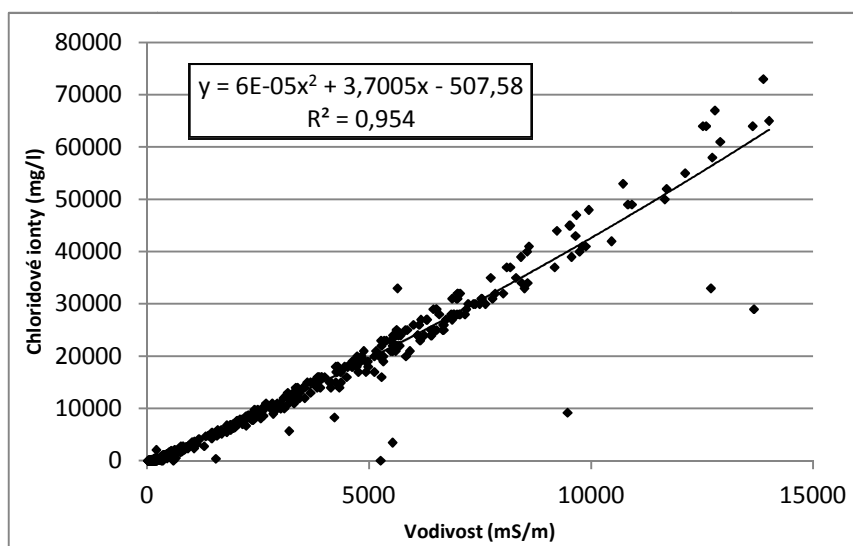
Základem pro měření je znalost závislosti koncentrace obou parametrů. Měřením vodivosti, což je stanovení finančně, časově i metodicky jednodušší než analýza chloridů, pak graficky (křivka závislosti chloridů na vodivosti) nebo přepočtem (při znalosti rovnice regrese, popisující křivku závislosti) zjistíme koncentraci chloridů. Základní nevýhodou této metody je nižší přesnost výsledku, i možnost hrubé chyby, pokud je vodivost vody významně ovlivněna i výskytem dalších iontů. Proto je důležité použít příslušnou závislost jen pro ten typ vody, pro který byla konstruována a dále ji využívat tehdy, pokud nemáme tak vysokou náročnost na výsledek, a jde spíše o kvalifikovaný odhad koncentrací. Křivka závislosti musí být dále sestavena z co nejvyššího počtu dat a musí mít co nejvyšší hodnotu spolehlivosti ( $R^2$ ). Tuto metodu používá např. podnik Povodí Odry, s.p. pro odhad koncentrace chloridů v Odře. Na obrázku 3 uvádím tuto křivku pro profil v Bohumíně, včetně předvolených hodnot konduktivity a výsledného výpočtu koncentrace chloridů pro tyto hodnoty. Křivku jsem převzala z provozně-manipulačního řádu Dávkovací nádrže v Ostravě-Heřmanicích [15].



Obrázek 3: párová závislost parametrů chloridy a vodivost pro Odru (podle [16])

Dále jsem si zkonstruovala vlastní křivku (obrázek 4), kdy jsem využila výsledků analýz důlních vod, prováděných a vyhodnocovaných na Green Gas DPB, a.s. Oba parametry – chloridy i vodivost – jsou určeny laboratorně.

Ze srovnání obou obrázků je vidět, že vyšší spolehlivost má křivka konstruovaná ze vzorků důlních vod ( $R^2 = 0,954$ ) než křivka pro Odru ( $R^2 = 0,845$ ). To se vysvětluje tím, že v důlních vodách je přítomnost Na-Cl dominantní, kdežto v Odře je přítomnost dalších „rušivých“ iontů. Na druhou stranu to potvrzuje dobrou použitelnost měření konduktivity pro stanovení chloridů pro důlní vody.



Obrázek 4: párová závislost parametrů chloridy a vodivost podle analýz důlních vod

Protože cílem mé práce je sledování vlivu důlních vod na kvalitu vod povrchových, používám dále křivku Povodí Odry, s.p. To je vhodné i pro případné srovnání výsledků mého měření s měřením správce toku. Pro přepočet měřených hodnot vodivosti na hledanou koncentraci chloridů používám rovnici:

$$C_{chl.} = 0,1912 * K^{1,4491}$$

kde:

$C_{chl.}$  koncentrace chloridů (mg/l)

$K$  konduktivita (mS/m)

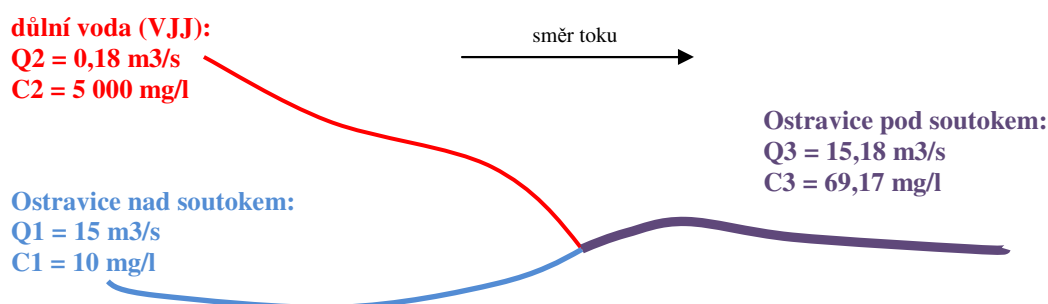
### 7.3. Výpočet

Řešení výsledné koncentrace látky v roztoku, vzniklého z několika jiných roztoků, lze dosáhnout tzv. **směšovací rovnici**. Pokud smísíme roztoky o objemech  $V_1$ ,  $V_2$  s látkovými koncentracemi  $C_1$ ,  $C_2$ , vznikne roztok s látkovou koncentrací  $C_3$ , pro který platí:

$$V_1.C_1 + V_2.C_2 = (V_1 + V_2).C_3$$

V našem případě objem nahrazujeme průtokem  $Q$ . Názorné použití pro řešené zadání – viz obrázek 5.

Zásadní problém teoretického propočtu spočívá v tom, že se předpokládá důsledná homogenizace výsledného roztoku. To v přírodních podmínkách obvykle není splněno, a to především v případě větších toků, do nichž se vypouští sice velmi koncentrovaná voda, ale s podstatně nižším průtokem, jak je tomu v případě Ostravice a Odry, na rozdíl od Stružky.



Obrázek 5: schematické vyjádření použití směšovací rovnice

#### Poznámky k obrázku 5:

- pro  $Q_1$  je použitý průměrný průtok vody v Ostravici;
- pro  $C_1$  je použitá koncentrace chloridů, zjištěná laboratorní analýzou na profilu pod Hrabovským jezem; vzorek odebrán při první řadě měření 21.5.2011;
- $Q_2$  je aktuální zaokrouhlené množství vody vypouštěné z VJJ;
- pro  $C_2$  je použitá koncentrace chloridů, zjištěná laboratorní analýzou vzorku důlní vody, odebrané přímo z výtoku z potrubí od VJJ v roce 2008 ([5] - tam tabulka 4).

## 8. Volba techniky a metod použitých pro měření a zpracování dat

### 8.1. Konduktometr

Pro terénní měření konduktivity jsem využila přístroj METTLER TOLEDO typ CHECKMATE CM 90.

Přístroj mi zapůjčil můj zaměstnavatel. Je to mikroprocesorem řízený přístroj, který umožňuje měřit pH, konduktivitu (s možností okamžitého přepočtu na TDS – koncentraci celkových rozpuštěných látek) a rozpuštěný kyslík a zároveň je schopen měřit teplotu testované kapaliny. Já jsem ho využila jen pro měření konduktivity a teploty vody. Rozsah, citlivost a přesnost parametrů jsou tyto (tabulka 8):

Tabulka 8: parametry použitého konduktometru

parametr	rozsah	citlivost	přesnost
konduktivita	0 uS - 19,99 uS	0,01 uS	+ - 0,5 %
	20 uS - 199,99 uS	0,1 uS	
	200 uS - 1999 uS	1 uS	
	2 mS - 19,99 mS	0,01 mS	
teplota	-0,5 °C - 100 °C	0,1 °C	neuvádí se

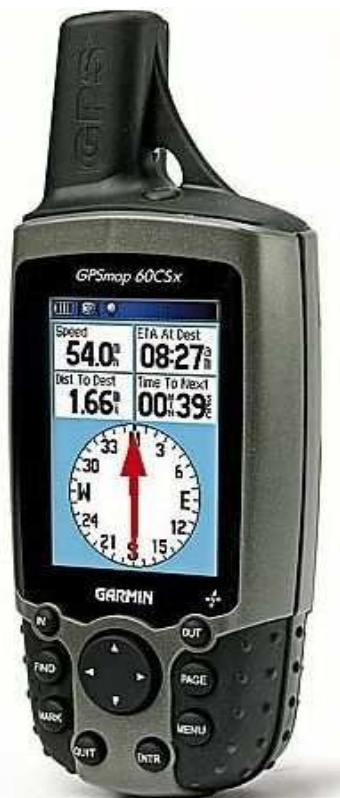


## 8.2. Přístroj GPS

Pro dokumentaci místa (polohopisu) měření jsem využila přístroj GPS GARMIN typ GPSMAP 60CSx. Přístroj mi zapůjčil můj zaměstnavatel.

Tento přístroj má extrémně citlivý GPS přijímač SiRF III. Je vhodný pro všestranné použití a je „outdoorového“ typu. Generace GPS přijímače chipset SiRF III společně s tyčkovou anténou zajišťuje mimořádnou citlivost GPS přístroje. Přístroj přijímá GPS signál i v místech, kde by běžný GPS přijímač nefungoval.

Podle údajů na displeji jsem pracovala s přesností 3 m. Výsledné souřadnice byly přepočteny do Křovákova systému JTSK a vyneseny do digitalizovaných katastrálních map, kde vizuální kontrola potvrdila vysokou přesnost snímání pozičních souřadnic přístrojem GARMIN GPSMAP 60CSx.



## 8.3. SOP pro laboratorní stanovení chloridů a konduktivity

Laboratorní analýzy provedla akreditovaná laboratoř LABTECH, s.r.o. Brno, pracoviště v Paskově. Číslo akreditace ČIA je 1147. Obě zkoušky jsou akreditované. Nejistota měření pro chloridy je 15 %, pro konduktivitu je 1 %.

Standardní operační postupy použité pro analýzy byly tyto:

- chloridy: SOP 10 ČSN EN ISO 10304 – 1,2. Stanovení je provedeno metodou iontové chromatografie s vodivostním detektorem, přístrojem DIONEX IC2000 nebo IC90 (USA).
- elektrická konduktivita: SOP 12 ČSN EN 27888. Stanovení je provedeno konduktometrem značky ORION 160 (USA).

## 8.4. Popis použitého SW

Text bakalářské práce včetně tabulek a grafů jsem zpracovala v prostředí MS Office.

Interpolace měřených hodnot a jejich grafické vyjádření jsem provedla pomocí programu Surfer 8. Je to jednak nástroj pro 2D i 3D prezentaci dat a rovněž pro jejich interpolaci. Když bylo rozmístění bodů výrazně nestejněměrné (hlavně u 2. řady), výsledky jsem prezentovala tříděnou „post mapou“, kdy pozici (post) měřené hodnoty vyjadřuji grafickým symbolem (kroužkem), jehož průměr a barva odpovídá zvolenému intervalu (třídě) hodnot, do kterého měřená hodnota spadá. To jsem provedla pro celý měřený úsek dne 21.5.2011 (příloha 5.1), dále pro celý měřený úsek dne 14.8.2011 (příloha 5.3) a pro úsek mezi výpustí VJJ a splavem u zbytku železničního mostu pro měření 17.11.2011 (příloha 5.4).

Interpolaci měřených hodnot jsem použila jen ve 2 případech, a to v úseku mezi Čermákovým jezem a splavem u zbytku železničního mostu pro měření 21.5.2011 a na soutoku Ostravice a Lučiny pro měření 17.11., kde je rozmístění bodů v ploše rovnoměrné. Interpolovala jsem metodou krigingu a výsledek jsem zobrazila ve formě mapy izolinií (soutok – příloha 5.6) a „image mapy“ (soutok a Čermákův jez – přílohy 5.2 a 5.5).

Přípravu mapových podkladů (katastrálních map) pro přílohy jsem provedla v grafickém SW Auto CAD 2007.

## **9. Popis vlastního terénního měření**

### **9.1. Etapizace terénního měření, charakteristika hydrologických podmínek v době měření**

#### **9.1.1. Detailní etapa: měření v okolí výpustí**

Tato etapa proběhla jako první (jarní) řada měření, a to 21.5.2011. V kapitole 3.2. uvádím, že měření proběhlo ve srážkově chudém období a to se odrazilo na průtoku vody v Ostravici, který byl v době měření (do 14:00 hod.)  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  (údaj Povodí Odry, s.p. pro stanici Slezská Ostrava; vlivem silných dešťů v Beskydech v odpoledních hodinách průtok později vzrostl, takže celodenní průměr byl  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Měření jsem ale prováděla v úseku Ostravice nad soutokem s Lučinou, který je zase nad měřicí stanicí Slezská Ostrava. Průtok v Lučině byl podle Povodí Odry s.p. v Radvanicích  $3\text{--}3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , takže v Ostravici v místech mého měření bylo taky jen kolem  $3,5\text{--}4 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Měření proběhlo pouze na řece Ostravici. Záměrem bylo podrobné ověření vodivosti vody v Ostravici v blízkém okolí výpustních objektů důlních vod z Dolu Paskov a VJJ, tedy v místě Čermákova (Vítkovického) jezu a jezu u VJJ (stupeň Kunčice). Navíc jsem provedla měření i nad Čermákovým jezem, v místě ústí potoka Ščučí do Ostravice (levý břeh, ř.km.10,135). Potok Ščučí přivádí do Ostravice přečištěnou odpadní vodu ze závodu Paskov Dolu Paskov a dále ze společnosti Green Gas DPB, a.s.

Přístup do všech potřebných míst přes celý profil řeky byl možný díky nižšímu vodnímu stavu a s použitím vysokých rybářských gumových bot do pasu.

Pro zjištění hodnot konduktivity vody v Ostravici v místě bez vlivu důlních vod jsem zvolila jako výchozí profil cca 200 m pod Hrabovským jezem (ř. km. 11,800). Tento profil jsem pak měřila i v dalších časových řadách.

Vlastní měření probíhalo tak, že jsem v příslušném místě opláchla ve vodě elektrodu konduktometru. Potom jsem ve stejném místě nabrala z řeky vodu do sklenice a teprve v ní jsem změřila konduktometrem vodivost a teplotu vody. Tento postup byl nutný proto, že je třeba zajistit homogenitu vzorku, což v proudící vodě, kde se vodivost stále mění, nebylo možné. Měření probíhá minimálně 15 vteřin, během kterých přístroj měří řadu hodnot a jako výsledek uvede průměr.

Po ukončení měření jsem zaznamenala hodnotu a pozici měřeného místa jsem zadala do přístroje GPS. Následoval přesun na další měřené místo, kde jsem opět opláchla elektrodu a opakovala postup.

Kromě přímého měření konduktivity a teploty jsem odebrala 2 vzorky vody do PET láhve pro laboratorní rozbor na chloridy a konduktivitu, abych mohla zjistit přesnost měření konduktometru a příslušný vztah chloridů a konduktivity. Jeden vzorek jsem odebrala v profilu pod Hrabovským jezem (bod č.160, ř.km. 11,800), druhý vzorek mezi jezem u VJJ a výpustí z VJJ, poblíž pravého břehu (bod č.276, ř.km. 8,100).

Měření jsem ukončila v ř.km. 7,500, 50 m pod splavem, který se nachází cca 290 m po proudu od ulice Rudná (a cca 50 m po proudu od zbytku železničního mostu). Toto místo posledního měření je vzdáleno 600 m po proudu od výpusti VJJ a protože je navíc pod splavem, předpokládala jsem, že voda v Ostravici už bude v celé šířce koryta homogenní (konduktivita bude stejná). Můj předpoklad se ale nepotvrdil, protože rozdíl

mezi levým a pravým břehem byl 47 % (body č. 315 a 317). Proto jsem se rozhodla, že provedu další měření, které by zachytilo delší úsek řeky.

Celkem jsem v první časové řadě změřila 137 bodů. Lokalizace míst měření je v příloze 2. Seznam se souřadnicemi a měřenými hodnotami je v příloze 4.1, grafické znázornění výsledků je v příloze 5.1 (celý měřený úsek formou „post mapy“) a 5.2 (detail interpolací ve formě „image mapy“ – úsek pod Čermákovým jezem, kde byly měřené hodnoty více proměnlivé, na rozdíl od úseku mezi Ščučí a Čermákovým jezem), fotodokumentace je v příloze 6.

### **9.1.2. Regionální etapa: širší území pro definici účinku ředění a homogenizace**

Letní měření (14.8.) jsem provedla za nadprůměrných srážkových úhrnů - viz tabulka 2, ale vlastní měření probíhalo za bezesrážkového počasí, takže průtok byl poměrně nízký (letní měsíční nadprůměrné úhrny zahrnují i přívalové deště, které rychle odezní, takže se na okamžitém průtoku v řece nemusí projevit). Průtok podle údajů Povodí Odry s.p. byl v Ostravici 7-7,5 m<sup>3</sup>/s (stanice Slezská Ostrava), v Odře 30,5 m<sup>3</sup>/s (stanice Bohumín) a v Lučíně 2 m<sup>3</sup>/s (stanice Radvanice). Jedná se o podprůměrné hodnoty (srovnáno s tabulkou 3). Průtoky dne 14.8. byly vyrovnané, na rozdíl od 21.5.

Protože jsem chtěla zdokumentovat delší úsek řeky, rozhodla jsem se nepostupovat tak detailně, aby byly body měření často od sebe jen několik metrů, ale měřit v příčných profilech s využitím mostů. Při plánování cesty jsem se zároveň rozhodla měřit i na řece Odře, protože Odra je konečným příjemcem (recipientem) důlních vod. Důlní voda se do Odry nevypouští přímo, ale nepřímo přes Ostravici a Vrbickou stružku, do kterých je přímé vypouštění. Navíc je Odra mezihraničním tokem a obsah chloridů na hraničním profilu v Bohumíně-Chalupkách sledují i polské úřady.

Měření jsem začala opět na výchozím profilu pod Hrabovským jezem. Pak jsem postupovala po toku a měřila jsem většinou už jen v příčných profilech, vždycky u obou břehů a uprostřed toku. V případě potřeby (při zjištění velkých rozdílů mezi konduktivitou na levém a pravém břehu) jsem počet bodů v profilu zvýšila (maximálně až na 9 bodů v profilu). U řeky Lučiny jsem změřila jen 2 hodnoty, protože neobsahuje důlní vodu. Taky jsem změřila několik bodových hodnot mimo profily – např. vodu přímo z výpusti VJJ, Vrbickou stružku (úzký tok), Ostravici těsně před ústím do Odry (v tomto místě byla

voda v řece v podstatě homogenní), vývěry mezi kameny opevňujícími levý břeh Ostravice v úrovni aglomerace Vítkovice.

Pokud jsem měřila v mělké vodě (Ostravice po soutok s Lučinou), postupovala jsem stejně, jako v předchozí etapě. Dále po toku Ostravice a v Odře jsem použila nerezového odběrného válce s objemem 2 l, který jsem spustila na laně z mostu nebo lávky přes řeku. Měření jsem pak provedla ve válci.

Kromě přímého měření konduktivity a teploty jsem opět odebrala 2 vzorky vody do PET láhve pro laboratorní rozbor na chloridy a konduktivitu. Vzorky jsem odebrala z Odry - jeden vzorek z prvního profilu (bod č.96, jez mezi Landekem a koksovnou Svoboda, ř.km. 11,830), druhý vzorek z posledního profilu bod č.87, most na hranici s Polskem – Chalupki, ř.km. 3,473). Celkem jsem ve 2. řadě změřila 18 profilů a 84 bodů (včetně bodů mimo profily). Seznam profilů je v tabulce 9.

*Tabulka 9: seznam profilů 2. řady měření*

profil	řeka	ř.km.	bodů	poznámka
1	Ostravice	12,010	3	Hrabovský jez
2	Ostravice	8,765	4	Čermákův jez
3	Ostravice	8,160	4	Splav u VJJ (stupeň Kunčice)
4	Ostravice	7,550	7 (*)	splav u zbytku žel. mostu pod Rudnou
5	Ostravice	7,500	9	50 m pod splavem u zbytku žel. mostu pod Rudnou
6	Ostravice	7,250	6	300 m pod splavem u zbytku žel. mostu pod Rudnou
7	Ostravice	4,746	7	90 m nad soutokem s Lučinou
8	Lučina	0,100	2	nad soutokem s Ostravicí
9	Ostravice	4,611	3	pod soutokem s Lučinou, hradní lávka
10	Ostravice	3,795	3	lávka „U lázní“
11	Ostravice	1,812	3	silniční most v Hrušově
12	Odra	11,830	3	jez Přívoz (mezi Landekem a Koksovnou Svoboda, nad soutokem s Černým potokem)
13	Odra	10,460	3	silniční most do Koblova
14	Odra	9,507	3	potrubní lanový most u hrušovské skládky
15	Odra	8,026	3	dálniční most č.1 se středovým lanovým pilířem
16	Odra	5,680	4	cyklolávka v Bohumíně-Pudlově
17	Odra	4,761	3	dálniční most č.2 poblíž vojenského bunkru
18	Odra	3,473	3	silniční most přes státní hranici, Chalupki

Vysvětlivka k tabulce 9: (\*) profil byl měřen 2x (kontrola)

Profily 1, 2, 3, 4, 6, 8 a 9 jsem měřila i v dalších časových řadách (v 1. nebo ve 3.) a slouží k navázání sérií (viz tabulka 12). Profily 1-8 jsem měřila přímo v řece, profily 9-18 z lávek a mostů.

Lokalizace míst měření je v příloze 2. Seznam se souřadnicemi a měřenými hodnotami je v příloze 4.2, grafické znázornění výsledků formou „post mapy“ je v příloze 5.3, fotodokumentace je v příloze 6.

### **9.1.3. Doplnková etapa: podzimní měření při deficitním stavu**

Poslední měření dne 17.11.2011 bylo opět ve srážkově deficitním období. Rovněž při vlastním měření bylo bezesrážkové počasí. Původní plán ověřování ředění důlní vody v deficitním období předpokládal měření v zimních měsících. S příchodem dlouhého bezesrážkového počasí na podzim 2011 jsem toho využila a měření jsem provedla v listopadu. Srážkově deficitní počasí se odrazilo na průtoku vody v recipientech. Měření proběhlo na Ostravici a Lučině (na soutoku). Podle údajů Povodí Odry, s.p. byl průtok v Ostravici ve stanici Slezská Ostrava  $2,61 \text{ m}^3/\text{s}$ , Lučina v Radvanicích měla jen  $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ . Průtoky byly dne 17.11. vyrovnané.

Podzimní stavy na řekách byly ve sdělovacích prostředcích prezentovány jako nejvýraznější minima za celou dobu sledování (200 let). Jak ale plyne z tabulky 3, je pro Ostravici do roku 1980 jako minimální uváděn průtok  $1,34 \text{ m}^3/\text{s}$  (ČHMÚ), pro Lučinu  $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$  (stejný zdroj), což je ještě méně, než při mém měření.

Cílem bylo ověřit hlavně úsek pod vyústěním potrubí pro vypouštění důlních vod z VJJ až po splav u zbytku železničního mostu pod Rudnou a dále oblast soutoku Ostravice a Lučiny. K tomuto rozhodnutí jsem dospěla podle vyhodnocení výsledků 2. etapy, kdy jsem zjistila, že místo homogenizace vody v Ostravici pod VJJ je až na soutoku s Lučinou.

Intenzita vypouštění vody z VJJ byla v době měření vysoká, protože byla v činnosti 2 čerpadla (viz obrázek 16 fotodokumentace).

Pro určení místního pozadí jsem opět změřila i profil u Hrabovského jezu a dále (opakovaně) hodnotu konduktivity v Ostravici u pravého břehu těsně před soutokem s Odrou. Všechna měření jsem provedla přímo v řece, metodikou popsanou v kapitole 9.1.1. (měření ve sklenici). Odběr do láhve pro laboratorní analýzu jsem už nedělala.

Celkem jsem ve třetí časové řadě změřila 87 bodů. Lokalizace míst měření je v příloze 2. Seznam se souřadnicemi a měřenými hodnotami je v příloze 4.3, grafické znázornění výsledků je v příloze 5.4 (úsek od výpusti VJJ po splav u železničního mostu formou „post mapy“) a v přílohách 5.5 a 5.6 (detail soutoku Ostravice a Lučiny interpolací, ve formě „image mapy“ a mapy izolinií). Fotodokumentace je v příloze 6.

## **9.2. Specifikace měřicích profilů a lokalit**

Měřicí lokality a profily jsem dokumentovala pomocí GPS a fotodokumentace (příloha 6).

V dalším textu a v přílohách 2 až 6 používám pro místa měření tyto pojmy:

- oblast (úsek): skupina měřených bodů, rozmístěná víceméně nepravidelně v toku, v malých vzdálenostech od sebe; způsob použitý v 1. a 3. etapě měření;
- profil: řada měřených bodů v linii vedené pokud možno kolmo na tok řeky; způsob použitý ve 2. etapě měření (měření z mostů, lávek, na korunách splavů).

V některých případech můžou být oba způsoby v kombinaci, např. úsek mezi 2 profily. Taky jsem i při měření profilů podle potřeby doplnila i měření na některých jednotlivých bodech.

## **10. Převzatá data**

### **10.1. Zdroje informací a dat**

Pro zpracování zadání bakalářské práce jsem použila tyto informační zdroje:

- topografický podklad: základní mapa ČR 1 : 25 000, vydal Český úřad zeměměřický a katastrální 2004,
- státní vodohospodářské mapy ČR 1 : 50 000, vydáno ČÚZK 1991,
- <http://www.env.cz>: webové stránky Ministerstva životního prostředí České republiky,
- <http://www.heis.vuv.cz>: stránky Hydroekologického informačního systému Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G. Masaryka,

- tématicky zaměřené podklady (viz literatura), hlavně práce [3], [4] a [8], které se zabývají vlivy vypouštění důlních vod do recipientů, dále práce [7] a [13] – roční zprávy ze sledování vodního hospodářství OKD, a.s. a DIAMO, s.p., které mi posloužily jako zdroj některých vstupních údajů ohledně chemismu důlních vod, a také i vlastní semestrální práci [6] pro předmět „Kontaminanty životního prostředí“, v níž jsem se mj. zabývala i výskytem chloridů (vedle síranů, selenu a PAU) ve vodním prostředí hornické krajiny v rámci OKD.

- vlastní data: výsledky terénních pochůzek, měření konduktivity vody v povrchových tocích na 308 bodech (21.5.2011: 137 bodů, 14.8.2011: 84 bodů, 17.11.2011: 87 bodů), včetně dokumentace každého bodu měření pomocí GPS, pořízení fotodokumentace v místech měření, výsledky analýz 4 vzorků povrchových vod.

- konzultace, doplňkové informace a materiály byly poskytnuty ve společnostech Green Gas DPB, a.s. (můj zaměstnavatel), OKD, a.s., dále v Povodí Odry, s.p. a DIAMO, s.p.

## **10.2. Green Gas DPB, a.s.**

Z datových zdrojů Green Gas DPB, a.s. [5] pochází údaje o chemismu důlní vody čerpané z Vodní jámy Jeremenko (tam vzorek VJJ v tabulce 4).

Dále to jsou informace o chemismu vody ve Vrbické stružce. Protože Green Gas DPB, a.s. je správcem Dávkovací nádrže v Heřmanicích, kam přitéká voda ze Stružky, provádí svá kontrolní měření chemismu vody. V současné době se měří konduktivita (přímo v terénu) a chloridy, které se stanovují v laboratoři z odebraných vzorků vody. Dříve se analyzovala voda v širším rozsahu a některé starší výsledky jsem použila do tabulky 6 v kapitole 4.6.

V průběhu října až prosince 2011 se na Stružce provádělo častější měření chemismu vody (2x týdně) a bylo rozšířeno i na tok Odry ve 2 místech – pod ústím Stružky do Odry a v Bohumíně – Chalupkách. Tato místa odpovídají profilům 16 a 18 z druhé (srpnové) etapy mého měření. Některé výsledky z těchto podkladů jsou v tabulce 10.

Tabulka 10: koncentrace chloridů a konduktivita vody ve Stružce a Odře

(data Green Gas DPB, a.s.; 10-12/2011)

<b>vodoteč</b>	<b>profil 2. etapy</b>	<b>chloridy (mg/l) *</b>	<b>konduktivita (mS/m) **</b>
Stružka u DNH	-	991 – 2 077 / 1529	275 – 699 / 519
Odra pod ústím Stružky	16	158 – 269 / 213	97 – 159 / 130
Odra v Bohumíně	18	156 – 262 / 217	100 – 147 / 126

#### Vysvětlivky k tabulce 10:

\* laboratorně; min. – max. / prům.

\*\* laboratorně i v terénu; min. – max. / prům.

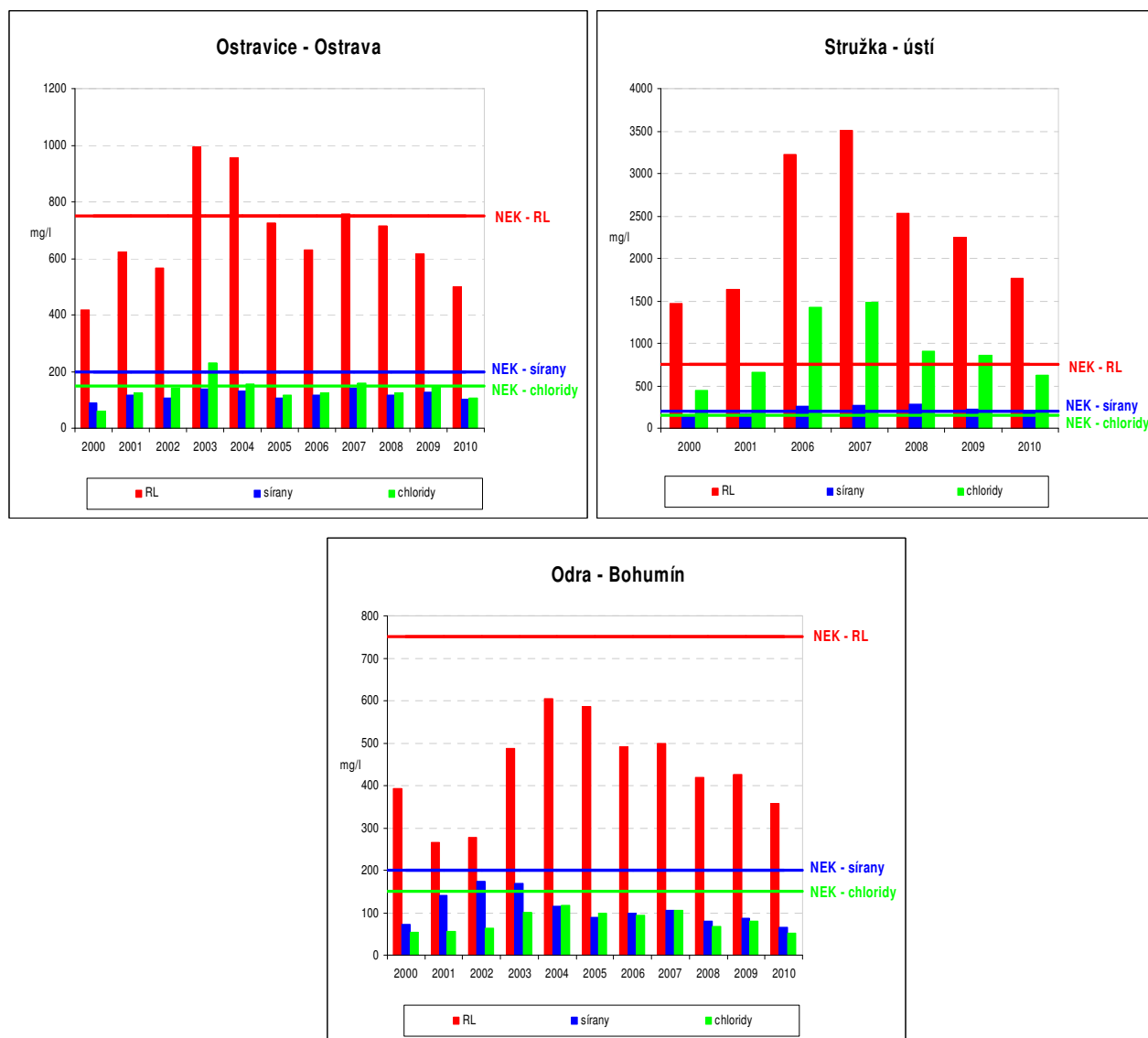
### **10.3. Povodí Odry, s.p.**

Následující text a grafy na obrázku 5 vychází z [8].

Jakost povrchové vody v povodí řeky Odry je v rámci provozního monitoringu pravidelně monitorována už od roku 1960. Na obrázku 5 jsou zpracovány výsledky monitoringu v říčních profilech, ovlivněných důlními vodami, za období let 2000 – 2010. Jedná se o místa, kde dochází k přímému vypouštění, tj. Ostravici a Stružku. Dále je uveden i profil pod jejich soutokem s řekou Odrou v hraničním profilu Odra – Bohumín.

Uvedené koncentrace se vztahují k průměrným průtokům podle údajů Povodí Odry, s.p., které se mohou trochu lišit od údajů ČHMÚ (tabulka 3, sloupec 1). Jedná se o tyto průměrné průtoky: Odra Bohumín = 37,7 m<sup>3</sup>/s; Ostravice = 11,820 m<sup>3</sup>/s a Stružka = 0,370 m<sup>3</sup>/s.

Nejvíce ovlivněný je tok Stružky, kde je problém se vyrovnat s požadavky legislativy, a to z důvodů jeho malé vodnosti, když pozitivně působí vliv dávkovací nádrže Heřmanice, která snižuje celkové zasolení zhruba na polovinu. V Ostravici byly problémy s dodržáním limitů hlavně v letech 2003 a 2004, kdy byl hluboký vodní deficit (v roce 2003 dosáhl srážkový průměr jen 60% normálu). V hraničním profilu v případě Odry v Bohumíně jsou limity splněny.



Obrázek 5: Kvalita vod v povrchových tocích ve vybraných ukazatelích

#### 10.4. OKD, a.s. Důl Paskov a Diamo, s.p.

Tyto 2 organizace jsou z pohledu mé práce velmi důležité, protože se obě podílejí na vypouštění důlních vod do Ostravice. Vodivost důlní vody z obou výpustných míst (Důl Paskov – Čermákův jez, Diamo – VJJ) jsem změřila, a to vodu z Dolu Paskov v 1. etapě (bod 215A) a vodu z VJJ v 1. etapě (bod 283) a ve 3. etapě (bod 64).

Chemismus vody je ale ověřován hlavně pravidelnými odběry (1x měsíčně) a laboratorními analýzami v rámci sledování vodního hospodářství obou podniků. Z těchto



zdrojů pochází údaje pro obrázek 1 v kapitole 4.4. (VJJ) a údaje, které jsem uvedla v tabulce 5 kapitoly 4.2. (Důl Paskov).

## **11. Zhodnocení výsledků**

### **11.1. Zhodnocení použitelnosti měřicí metody (srovnání výsledků in situ a laboratorně)**

Použitelnost metody nepřímého zjištění koncentrace chloridů prostřednictvím elektrické vodivosti je dána fyzikální podstatou vodivosti, jejíž popis jsem provedla v kapitole 7.2. Spolehlivost a těsnost závislosti obou parametrů je vidět z koeficientu spolehlivosti grafů na obrázcích 2 a 3, který je více než 0,8. Tento způsob měření se používá např. i v Povodí Odry, s.p., kde se pro přepočet z konduktivity na chloridy používá graf – viz obrázek 2.

Správnost měřených hodnot konduktivity je zajištěna použitím originálního měřicího přístroje (Mettler Toledo), dodržáním metodiky měření a provedením kontrolního srovnání na 4 vzorcích, kde jsem kromě vlastního měření vodivosti v terénu předala vzorky vody do akreditované laboratoře k analýze a stanovení vodivosti (a chloridů). Malý počet vzorků je sice statisticky nevýznamný, ale jedná se pouze o kontrolní vzorky a jejich cílem není definovat křivku závislosti, ale zkontrolovat její platnost. Výsledky kontrolního stanovení – viz tabulka 11.

Z tabulky je vidět velmi dobrá shoda ve výsledcích konduktivity. Procentuální rozdíl mezi laboratorním stanovením a stanovením v terénu je méně než 10 %.

Horší je výsledek srovnání chloridů vypočtených a stanovených v laboratoři. Tady jsou rozdíly až o 300%, přičemž jsou vždy větší vypočtené hodnoty, než hodnoty laboratorní. Rozdíl výsledků již není způsoben chybou mého měření v terénu, ale je dán spolehlivostí použité křivky závislosti vodivosti a konduktivity, kterou jsem převzala od Povodí Odry, a přesností stanovení chloridů v laboratoři. Největší rozdíl je u vzorku z Ostravice, odebraného nad jezem u VJJ, z pravého břehu. Vysvětlením může být vliv odpadní vody z Biocelu Paskov, vypouštěné rovněž z pravého břehu do Ostravice pod Čermákovým jezem (tj. nad VJJ). Tato odpadní voda vykazuje vysokou vodivost, která ale není způsobena převažujícími chloridy, jak je tomu u důlních vod, takže v laboratorní

analýze se chloridy neobjevily, ale výpočet podle křivky Povodí Odry, který se řídí vodivostí, dal vyšší hodnotu, protože i vodivost je vyšší.

Tabulka 11: výsledky kontrolního stanovení konduktivity a chloridů

vzorek / parametr	kondukt. terén mS/m	kondukt. laboratoř mS/m	rozdíl (lab.=100) %	chloridy výpočtem mg/l	chloridy laboratoř mg/l	rozdíl (lab.=100) %
Ostravice, Hrab. jez (ř.km.12,010)	29,6	32,8	9,8	26	<10	160
Ostravice, jez VJJ (ř.km.8,160)	73	71,5	2,1	96	23,3	312
Odra, nad sout. s Ostraví (ř.km.11,830)	32,1	33,2	3,3	29	16,5	75,8
Odra, Chalupki (ř.km.3,473)	58,8	55,6	5,8	70	52,3	33,8

## 11.2. Dosažené výsledky měření a jejich zhodnocení

Dosažené výsledky měření konduktivity a teploty vody, které jsem změřila v terénu, obsahují tabulky v příloze 4, kde jsou uvedeny i příslušné hodnoty koncentrací chloridů, které jsem přepočítala z vodivosti. S odvoláním na graf na obrázku 2 používám pro přepočet měřených hodnot vodivosti na hledanou koncentraci chloridů rovnici:

$$C_{chl.} = 0,1912 * K^{1,4491}$$

kde:

$C_{chl.}$  koncentrace chloridů (mg/l)

K konduktivita (mS/m)

V tabulce 12 dokládám výsledky přepočtu koncentrací chloridů ze změřených hodnot konduktivity, a to ze stejných míst v různých časových řadách. Výsledky dobře popisují vliv průtoku na hodnoty konduktivity. Nejnížší hodnoty jsem zjistila v srpnu, při nejvyšším průtoku. Naopak listopadové hodnoty jsou velmi vysoké a odrážejí nízký vodní stav a nízký ředící účinek řek. Slanost důlní vody z VJJ je vyrovnaná bez ohledu na klimatické poměry. Z tabulky je taky vidět, že určitou srovnatelnost mají 1. a 2. řada. S těmito údaji ale není srovnatelná 3. časová řada a je třeba ji hodnotit odděleně.

Tabulka 12: srovnání výsledků ve společných bodech  
(chloridy v mg/l, průtok v m<sup>3</sup>/s)

profil, bod / datum	21.5.	14.8.	17.11.	poznámka
<b>Q →</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0-7,5</b>	<b>2,6</b>	<b>Q pro Ostravici, stanice Slezská Ostrava</b>
profil 1	26 – 28	21 – 22	37 – 37	Hrabovský jez
profil 2	31 – 972	22 – 929		Čermákův jez
profil 3	37 - 96	34 – 54	90 – 228	splav u VJJ, nad výpustí z VJJ
profil 4	93 – 443	39 – 332	976 – 1 181	splav u zbytku železničního mostu pod Rudnou
profil 6	97 – 169	52 – 212	-	pod splavem v profilu 4
profil 7	-	104 – 160	915 – 952	nad soutokem s Lučinou
profil 9	-	114 – 123	398 – 736	pod soutokem s Lučinou
bod 283 a 64	4 500	-	4 400	voda z VJJ
bod 74 a 3	-	110	502	Ostravice před soutokem s Odrou

### 11.2.1. Výsledky jarní řady (21.5.2011)

Výsledky z první časové řady měření jsem graficky zobrazila v příloze 5.1 formou tříděné „post“ mapy koncentrací chloridů. Třídy koncentrací chloridů jsem definovala takto:

- 1. třída (barva světle modrá): 0 - 100 mg/l;
- 2. třída (barva tmavě modrá): 100 - 150 mg/l (150 mg/l je NEK dle NV 23/2011 Sb. pro chloridy - tab. 7 a obr. 5);
- 3. třída (barva zelená): 150 - 250 mg/l (250 mg/l je bývalý imisní limit pro chloridy podle původního NV 61/2003 – příloha 3 a je to i limit česko-polské úmluvy pro hraniční profil Odry v Bohumíně);
- 4. třída (barva oranžová): 250 - 300 mg/l; (300 mg/l je limit pro třídu III podle ČSN 75 7221: voda znečištěná);
- 5. třída (barva červená): 300 - 1 000 mg/l (1000 mg/l je mez pro přechod do kategorie vod mineralizovaných);
- 6. třída (barva fialová): > 1 000 mg/l.

V příloze 5.2 jsem provedla interpolaci zjištěných hodnot v úseku mezi Čermákovým jezem a splavem u zbytku železničního mostu. Použila jsem metodou krigingu a výsledek

je ve formě „image mapy“. V mapě je vidět vliv vypouštění Biocelu a Dolu Paskov na pravém břehu a hlavně vypouštění z VJJ na levém břehu (fialová barva). I na konci měřeného úseku u železničního mostu je vidět nehomogenita vody – škála barev od zelené až po červenou.

Pro zhodnocení homogenity dat podle potřeby využívám statistický parametr „variační koeficient V“, který je dán vztahem:

$$V = s * 100 / \bar{x} [\%]$$

kde:

s            směrodatná odchylka změřených hodnot

$\bar{x}$            aritmetický průměr změřených hodnot

Vztahuji ho vždycky na vybranou skupinu bodů seřazených do příčného profilu na toku, kde je třeba číselně vyjádřit, jak jsou změřené a vypočtené hodnoty rozdílné. Pokud je  $V > 50\%$ , je to známka velké nesourodosti údajů.

Na výchozím profilu **pod Hrabovským jezem** jsem zjistila koncentrace od 26 do 28 mg/l, s výjimkou měření těsně u pravého břehu, kde je hodnota 39 mg/l. Vodu lze považovat za docela homogenní (až na výjimku je minimální rozdíl mezi zjištěnými koncentracemi) a spadá do 1. třídy koncentrací chloridů (viz předchozí stránka).

Další místo měření jsem pokusně provedla v **oblasti soutoku Ostravice a Ščučí**, u jezu na úrovni OZO (tento potok přivádí přečištěné odpadní vody z Dolu Paskov a ne vody důlní). Změřené hodnoty byly v rozmezí 17 - 66 mg/l, v průměru 31 mg/l. Dvě nejvyšší hodnoty (66 a 43 mg/l) jsem ale zjistila ve dvou „lagunách“ u břehu, kde voda netekla a byla od říčního proudu oddělená šterkovým nánosem - valem. Tekoucí voda měla nejvíce 37 mg/l. Samotný potok Ščučí měl 43 mg/l. Hned pod soutokem se Ščučí (Ščučí se vlévá na levém břehu) koncentrace chloridů v Ostravici u levého břehu stoupla z 28 na 37 mg/l, zatímco u pravého břehu byla do 30 mg/l. Poslední profil v této lokalitě je 500 m daleko pod Ščučí (body 202 až 205) a tam jsem zjistila u levého břehu 33 mg/l, zatímco u pravého jen 17 mg/l. Voda spadá do 1. třídy (množství chloridů je malé), ale rozdíly ve výsledcích již naznačují, že ani po 500 metrech nedošlo k dobré homogenizaci vody (variační koeficient koncentrací chloridů pro body 202 až 205 je 23 %).

Následovalo měření v lokalitě Čermákova (Vítkovického) jezu, kde z pravého břehu vypouští Důl Paskov svoje důlní vody. Komplikací je, že několik metrů pod výpustí Dolu Paskov vypouští své odpadní vody i Biocel Paskov (nahnědlá voda se silným zápachem a pěnou – viz obrázky 6 a 7 fotodokumentace v příloze 6). Další přítoky vody jsou na protějším levém břehu – jsou to drenážní vody z hutního odvalu Hrabůvka, kde se vysoký obsah železa projevuje na rezivém zbarvení vody (obrázek 9 fotodokumentace), a o cca 5 m níže odpadní vody z Vítkovic. Nad výpustí důlních vod i vod z Biocelu jsem změřila profil mezi body 222 až 226, který je už cca 1,5 km pod soutokem Ostravice a Ščučí a zjistila jsem hodnoty 29-30 mg/l chloridů, tedy velmi homogenní vodu v 1. třídě ( $V=1\%$ ). Odpadní voda ze Ščučí se tedy smísila s Ostravicí do homogenní směsi až po cca 1,0 - 1,5 km od soutoku. Dále jsem změřila přímo důlní vodu, kde je koncentrace chloridů 960 (bod 215A) mg/l; to se shoduje s údaji, které uvádí Důl Paskov – viz tabulka 5. Voda z Biocelu ukázala o něco nižší vodivost, než důlní voda a přepočtem by odpovídala koncentraci chloridů 861 mg/l (složení vody Biocelu jsem neanalyzovala a podle údajů Povodí Odry jsou hlavní znečišťující anorganickou látkou sírany). Také jsem změřila výtok drenážní vody od hutního odvalu v Hrabůvce (bod 215) – vodivost odpovídá koncentraci chloridů 670 mg/l, ale v tomto případě zřejmě budou podstatně nižší a vodivost bude závislá na jiných iontech. Dále jsem měřila skupinu bodů v úrovni a pod výpustěmi Dolu Paskov a Biocelu až k jezu nad výpustí VJJ, který je od Čermákova jezu cca 600 m. Poslední profil jsem vedla mezi body 247 až 251 nad jezem u VJJ. Protože obě výpusti (Důl Paskov i Biocel) jsou na stejném (pravém) břehu a jen několik metrů od sebe, nebylo možno ověřit samostatný vliv důlních vod, ale jen součet obou výpustí. Jde ale porovnat vliv obou výpustí s vlivem drenážní vody z hutního odvalu v Hrabůvce, který je na levém břehu. Z mapky v příloze 5.2 je vidět, že horší situace je pod výpustí Biocelu a Dolu Paskov, kde je voda v Ostravici v délce 400 m (mezi body 227 a 243) v 5. třídě a vodivost vody v přepočtu na koncentraci chloridů dosahuje kolem přes 400 mg/l (většinou 850 - 1 000 mg/l), jen v bodě 234 je méně (167 mg/l). Naproti tomu pod výpustí z odvalu je voda stále v 1. třídě (pod 100 mg/l) a je vidět pokles koncentrací v Ostravici směrem od výpusti (drenážní voda: cca 740 mg/l) z koncentrace 70 mg/l (body 214 a 213) přes 50 mg/l (body 212 a 211) na 32 až 34 mg/l (body 233, 239, 246 a 247). Na posledním profilu mezi body 247 a 251 jsem zjistila koncentraci chloridů od 30 do 33 mg/l, což znamená homogenní vodu v 1. třídě ( $V=3\%$ ). Chloridy jsou jen o málo vyšší (o 2 mg/l), než nad

Čermákovým jezem (body 222 až 226). Odpadní voda z Dolu Paskov a Biocelu se smísila s Ostravicí do homogenní směsi po cca 0,5 km od Čermákova jezu.

Další měření bylo **v lokalitě výpustí důlních vod z VJJ**. Nejvyšší koncentraci má důlní voda z VJJ (bod 283), kde jsem zjistila množství chloridů kolem 4 500 mg/l (podle závislosti na obrázku 3 – jedná se o důlní a ne říční vodu). To je v souladu s hodnotami uváděnými podnikem DIAMO, s.p. (obrázek 2). Voda v Ostravici v úrovni výpustí (body 284 až 289) je v 1. až 2. třídě (chloridy 56 až 114 mg/l, nejvíce v blízkosti výpustí) a  $V=20\%$ , takže voda ještě není dost homogenní. Pod výústí VJJ (cca 50 m po proudu) je nehomogenita ještě vyšší: v řadě bodů 290 až 294 se body 290-292 drží v 1. třídě, i když koncentrace chloridů jsou už zvýšené (70-97 mg/l) a už se blíží 2. třídě; v bodě 293, který je jen 3 m od bodu 292, se chloridy skokově zvýšily na 361 mg/l (5. třída) a bod 294, který je nejbliž k výpustí důlní vody, má 1 898 mg/l chloridů (6. třída). Variační koeficient změřených a přepočtených hodnot je velmi vysoký: 140%. Do 6. třídy ještě spadá i bod 295 (1 193 mg/l), který je cca 180 m pod výpustí VJJ, a bod 303 (2 585 mg/l) 360 m pod výpustí. Směrem po toku jsem ještě změřila 3 úplnější profily (alespoň se 4 body), které spolu s výše popsanými 2 profily charakterizují v tabulce 13. Z tabulky plyne, že pod výpustí prudce roste nehomogenita vody. Ta sice postupně klesá, ale i na posledním profilu na splavu pod zbytkem železničního mostu za ulicí Rudnou (ve 2. etapě označen jako „profil 4“ – viz tabulka 9) je nehomogenita vysoká (nad splavem u VJJ byl  $V=3\%$ ; body 247 až 251).

*Tabulka 13: profily v úrovni a pod výpustí VJJ*

body	vzdálenost od výpustí	třída koncentrací chloridů	koncentrace chloridů	variační koef. V	poznámka
284-289	-2 m	1, 2	56 – 114 mg/l	20 %	v úrovni výpustí
290-294	50 m	1, 5, 6	70 - 1 898 mg/l	140 %	
297-301	300 m	1, 2, 3, 5	92 - 937 mg/l	110 %	za Rudnou
302-305	370 m	1, 4, 6	92 - 2 585 mg/l	140 %	za Rudnou
309-314	550 m	1, 2, 3, 5	93 - 443 mg/l	61 %	splav u zbytku želez. mostu, profil 4

Charakteristické při měření bylo, že hodnoty vodivosti v blízkosti výpustí důlních vod se měnily skokově (řádově) na malých (metrových) vzdálenostech a změna byla poznat i na teplotě vody (přes gumové boty).

Poslední neúplný profil (3 body: 315-317) jsem ještě orientačně provedla pod splavem u žel. mostu v říčním kilometru 7,500, kde jsem naměřila koncentraci chloridů 97-169 mg/l (tř. 1 až 3), což představuje stále dost vysoký  $V=22\%$ , i když promísením pod splavem se voda dále homogenizovala. Po zjištění, že ani ve vzdálenosti cca 700 m pod výpustí VJJ se voda nehomogenizovala tak, aby se dala použít směšovací rovnice, jsem se rozhodla provést 2. etapu měření se širším záběrem.

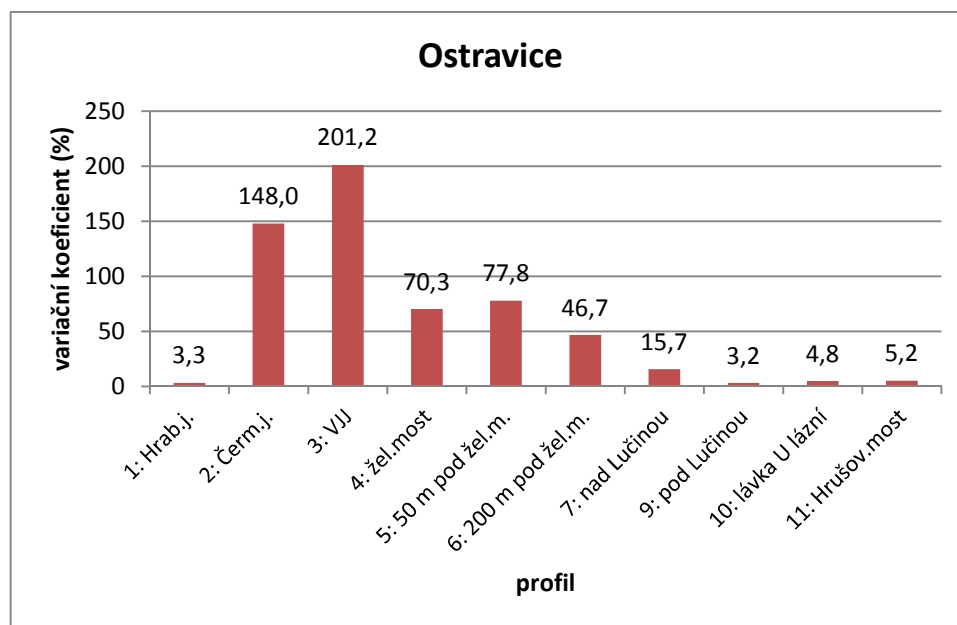
### 11.2.2. Výsledky letní řady (14.8.2011)

Letní měření jsem zahájila opět na Hrabovském jezu a postupovala jsem po toku Ostravice až k jejímu soutoku s Odrou. Potom jsem pokračovala po toku Odry, přičemž první profil na Odře byl na jezu Přívoz nad soutokem s Ostravicí a pokračovala jsem až na hraniční most v Chalupkách. Postup měření a profily jsem popsala v kapitole 9.1.2. a tabulce 9. Kromě profilů jsem změřila i několik bodových hodnot, např. Ostravici těsně před soutokem s Odrou.

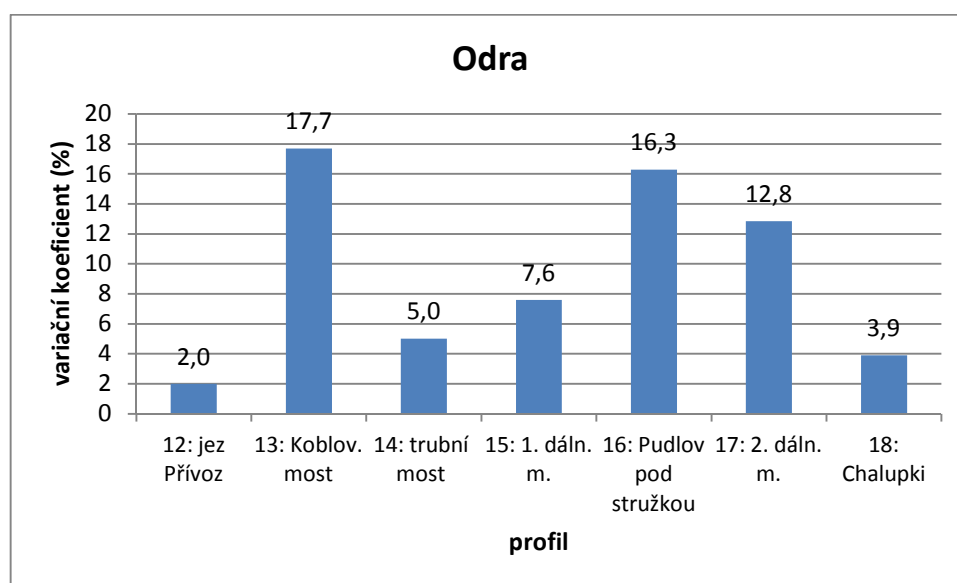
Hodnoty vodivosti, které jsem změřila, jsou od 247 do 4 400 uS/cm a to odpovídá množství chloridů od 20 do 1 295 mg/l. Z toho v Ostravici to bylo 20 - 1 295 mg/l (v průměru 147 mg/l), v Odře 29 - 86 mg/l (v průměru 59 mg/l), ve Vrbické stružce 925 mg/l a v Lučině 60 - 76 mg/l.

Výsledky z druhého měření jsem graficky zobrazila v příloze 5.3 formou tříděné „post“ mapy koncentrací chloridů a třídy koncentrací chloridů jsem definovala stejně, jako v případě první časové řady. Pro místa s vyšší hustotou bodů (úsek mezi Čermákovým jezem a VJJ, okolí splavu pod zbytkem železničního mostu, soutok Ostravice a Lučiny), kde použité měřítko mapy neumožnilo potřebné rozlišení, jsem doplnila detailní výřezy. Z mapy je vidět, že pod soutokem Ostravice s Lučinou jsou už barvy v profilech jednotné (homogenita) a že zhoršená kvalita vody v Ostravici (tmavě modrá barva pro 100 - 150 mg/l chloridů) nesnižuje kvalitu vody v Odře (barva profilů na Odře nad i pod Ostravicí je světle modrá pro 10 - 100 mg/l chloridů).

Taky míru homogenizace vyjadřuji stejně jako v jarní etapě – pomocí variačního koeficientu  $V$ . Na obrázku 6 jsou postupně seřazeny variační koeficienty pro Ostravici (červeně), na obrázku 7 totéž pro Odru (modře).



Obrázek 6: Chloridy: variační koeficienty na měřených profilech na Ostravici



Obrázek 7: Chloridy: variační koeficienty na měřených profilech na Odře

Z profilů na Ostravici je vidět, že nejvyšší proměnlivost výsledků a tedy nejnižší homogenitu vody jsem zjistila podle očekávání pod výpustěmi Dolu Paskov (+ Biocel) a pod VJJ. Profil 4 (splav u zbytku železničního mostu pod Rudnou ulicí), který je od výpusti VJJ 550 m, má  $V=70\%$  (při prvním měření byl 61% - viz tabulka 13). Ještě v profilu 6, který je o dalších 200 m dále (tj. 750 m od výpusti důlní vody), je  $V=50\%$ , což znamená značnou nesourodost měřených hodnot. Teprve 90 m před soutokem Lučinou je



koeficient mnohem nižší (16 %), ale voda je stále nehomogenní. Homogenizace vody na takovou úroveň, kterou jsem zjistila na výchozím profilu u Hrabovského jezu, je až pod soutokem s Lučinou, právě díky ředění a promísení na soutoku obou řek.

Na Odře jsou vypočtené koncentrace mnohem menší než na Ostravici. Odra vlivem svého vyššího průtoku dokáže účinně snížit koncentraci chloridů, které do ní přitékají z Ostravice a Stružky, a homogenizovat vodu na kratším úseku. Proto jsou i variační koeficienty nižší. I přesto je na Odře vidět vliv přítoku Ostravice (profil 13: 400 m pod soutokem s Ostravicí) a Stružky (profil 16: 750 m pod soutokem se Stružkou). Po cca 1,3 km od soutoku s Ostravicí (profil 14) je voda v Odře homogenní. Následující vzrůst nehomogenity vody mezi profily 14 a 15 je asi vlivem jezer podél Odry. Po soutoku Odry se Stružkou je vliv důlní vody vidět i po 1,8 km (profil 17), i když nehomogenita je (ve srovnání s Ostravicí) nízká. Po přítoku Odry do Chalupěk je voda už skoro stejně homogenní, jako před soutokem s Ostravicí (a Černým potokem) v místě jezu Přívoz. Tomu pomáhá i splav těsně před mostem v Chalupkách (viz obrázek 46 fotodokumentace v příloze 6). Průměrná koncentrace chloridů ale vzrostla z 30 mg/l (jez Přívoz) na 67 mg/l (Chalupki).

### 11.2.3. Výsledky podzimní řady (17.11.2011)

Zaměřila jsem se jen na Ostravici, a to hlavně na oblast soutoku s Lučinou, kde jsem ve 2. etapě zjistila hlavní vliv na homogenizaci. Taky jsem ale ověřila splav u zbytku železničního mostu a odtud jsem postupovala proti proudu k VJJ. Bodové měření jsem provedla i na Ostravici před soutokem s Odrou a nakonec jsem změřila profil pod Hrabovským splavem.

Třetí řada měření byla charakteristická velmi nízkým stavem a taky tím, že se z VJJ čerpalo dvojnásobné množství vody, než po zbytek roku (v provozu 2 čerpadla). To se projevilo velmi vysokými hodnotami konduktivity v Ostravici. Např. měření, které jsem provedla na Ostravici těsně před soutokem s Odrou, ukázalo 2 290 až 2 310 uS/cm (cca 500 mg/l chloridů), zatímco v srpnové řadě jsem zjistila jen 803 uS/cm (110 mg/l chloridů). Měření jsem pro jistotu zopakovala 2x. Rozptýl hodnot chloridů v Ostravici ve 3. řadě byl 37 až 3 287 mg/l, v průměru 751 mg/l (ve 2. řadě to bylo 20 - 1 295 mg/l a v průměru 147 mg/l).

Výchozí profil pod Hrabovským jezem (body 88 až 90) ukazuje na velmi dobrou homogenitu vody:  $V=0,6\%$ , ale průměrná koncentrace chloridů je 37 mg/l (více než na jaře a v létě – viz tabulka 12). Těsně nad výpustí VJJ (body 58 až 63) je homogenita vody nižší:  $V=34\%$  (vliv vody z Biocelu a Dolu Paskov). Po přítoku důlní vody z VJJ (bod 64 se 4,4 g/l chloridů) se nehomogenita rychle zvyšuje – na profilu přes body 85 až 87 je  $V=117\%$ . Pak pokračuje po toku skupina bodů 78 až 84, které dávají  $V=82\%$  a to je stále silně nehomogenní voda. Homogenita vody je lepší až na profilu bodů 73 až 77 cca 330 m pod výpustí VJJ, kde je  $V=14,2\%$  (při průměrné koncentraci chloridů 1 136 mg/l) a na jezu za zbytkem železničního mostu (body 65 až 72; 600 m pod VJJ) je variační koeficient hodně nízký:  $V=5,6\%$  (průměrná koncentrace chloridů 1 062 mg/l). Při podzimním měření jsem zjistila, že se voda v Ostravici zhomogenizovala už cca 350 – 400 m pod výpustí z VJJ. Na druhou stranu je ale podstatně (5-7x) vyšší koncentrace chloridů, než při předchozích měřeních.

Dále jsem měřila v oblasti soutoku Ostravice s Lučinou. Podle výsledků 2. řady jsem předpokládala, že k homogenizaci dochází až tady. Při podzimním nízkém průtoku ale byla voda v Ostravici homogenní 400 m pod výpustí VJJ, takže před soutokem s Lučinou byl variační koeficient jen 1,1 až 1,6% (profily přes skupinky bodů 54 až 57, 5 až 8, 18 až 24 a 9 až 11+25). Vlastní soutok jsem proměřila cca 30 nepravidelně rozmístěnými body. Smísení málo mineralizované vody Lučiny (79 - 83 mg/l chloridů) a hodně zasolené vody Ostravice (cca 950 mg/l chloridů) způsobilo opět snížení homogenity na  $V=63\%$  (velká nestejnoměrnost výsledků). Dále po toku, zhruba 200 m od soutoku, se variační koeficient dostává na 28%; na levém břehu (body 49, 52 a 53 byla koncentrace chloridů cca 730 mg/l, na pravém břehu (body 50, 51) jen 380 - 400 mg/l. I tak to je překročení limitu 150 mg/l podle NV č. 23/2011 Sb. (viz tabulka 7). V ř.km. Ostravice 4,450 jsem měření ukončila.

Výsledky měření úseku od VJJ po splav u zbytku železničního mostu jsem graficky zpracovala v příloze 5.4 („post mapa“ – převažující fialová barva ukazuje na vysokou koncentraci chloridů a na rozdíl od jarního měření na rychlou homogenizaci vody už na splavu u zbytku železničního mostu), a v přílohách 5.5 a 5.6 (stejná situace na soutoku Ostravice a Olše, znázorněno interpolací do formy „image mapy“ a mapy izolinií). Na soutoku je opačná situace, než v létě, protože původně homogenní voda nad soutokem (jednotná fialová) se přítokem Lučiny (modrá barva) nestejnoměrně zředí a pod soutokem je na levém břehu s vyšší koncentrací (červená), než na pravém břehu (zelená).

### 11.3. Výpočet koncentrací chloridů směšovací rovnicí, srovnání výpočtů s výsledky měření

Jednoduchý výpočet jsem už provedla v kapitole 7.3. jako příklad použití směšovací rovnice. V tabulce 14 jsem provedla výpočty pro 5 lokalit:

- 1) úsek pod Čermákovým jezem, data (koncentrace a průtoky) jsem použila z 1. řady měření;
- 2) úsek pod výpustí VJJ, data (koncentrace a průtoky) jsem použila z 1. řady měření;
- 3) soutok Odry a Ostravice, data (koncentrace a průtoky) jsem použila z 2. řady měření;
- 4) soutok Odry a Vrbické stružky, data (koncentrace a průtoky) jsem použila z 2. řady měření;
- 5) soutok Ostravice a Lučiny, data (koncentrace a průtoky) jsem použila z 3. řady měření.

Z tabulky 14 je vidět, že dobrá shoda změřených a vypočtených koncentrací chloridů je na soutocích řek. Např. pro soutok Odry a Ostravice je úplná shoda změřené a vypočtené koncentrace. Obdobně dobrá shoda (do rozdílu 10%) je v případě soutoku Odry a Vrbické stružky, nebo na soutoku Ostravice a Lučiny. U Ostravice to ale platí jen při celkovém zprůměrování koncentrací chloridů ve vodě pod soutokem s Lučinou, bez ohledu na to, z kterého břehu se měření provedlo (voda má rozdílné hodnoty na levém a pravém břehu – pravý břeh je méně zasolený, protože Lučina se vlévá zprava). Použití směšné rovnice pod soutokem Ostravice a Lučiny pro celou šířku řeky by dalo nesprávný výsledek.

Nižší shoda změřených a vypočtených koncentrací chloridů je pod výpustěmi důlních (a dalších odpadních vod – Biocel, drenáž hutního odvalu Vítkovice). U Čermákova jezu je přijatelná shoda (do 20%) až na profilu přes body 276 až 282, tj. 600 m pod vyústěním důlních (a dalších) vod. U vyústění důlních vod z VJJ je shoda 18% až na profilu bodů 309 až 314, tj. 520 m pod vyústěním důlních vod. Použití směšné rovnice v kratších vzdálenostech by opět dalo nesprávný výsledek.

Rozdíl ve shodách výsledků mezi soutoky řek a výpustěmi důlních a odpadních vod je ale zdánlivý. Úseky pod výpustěmi jsem prověřovala více, než např. soutoky Odry s Ostravicí a Stružkou (na Odře jsem byla omezena přístupem ke vzorkovacím místům –

Odra se nedá brodit a byla jsem závislá na mostech). Po srovnání vzdáleností míst, kde je již přijatelná shoda výsledků směšovací rovnice a měřených hodnot, od soutoků a výpustí, se ve všech případech jedná o vzdálenost minimálně 400 m.

Tabulka 14: srovnání výsledků propočtu směšovací rovnice a výsledků měření

č.	zdroj	místo	Cl z měření (mg/l)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Cl výpočtem (mg/l)	rozdíl %
1	Ostravice	nad přít. odp., dren. a důl. v.	31	4,000		
1	Paskov	důlní voda	960	0,032		
1	Biocel	odpadní voda	861	0,300		
1	Hrabůvka	drenážní voda z hut. odvalu	670	0,010		
1	Vítkovice	odpadní voda	40	0,030		
1	Ostravice <sup>3</sup>	pod přítoky (b.228 až 233)	270	4,372	96	64
1	Ostravice <sup>1</sup>	pod přítoky (b.242 až 246)	236	4,372	96	59
1	Ostravice <sup>2</sup>	pod přítoky (b.247 až 251)	31	4,372	96	211
1	Ostravice <sup>4</sup>	pod přítoky (b.276 až 282)	<b>80</b>	4,372	<b>96</b>	<b>20</b>
2	Ostravice	nad výpustí VJJ	80	4,372		
2	VJJ	důlní voda	4500	0,186		
2	Ostravice <sup>5</sup>	pod výp. VJJ (b.290 až 294)	504	4,558	260	
2	Ostravice <sup>6</sup>	pod výp. VJJ (b.297 až 301)	296	4,558	260	
2	Ostravice <sup>7</sup>	pod výp. VJJ (b.309 až 314)	<b>220</b>	4,558	<b>260</b>	<b>18</b>
3	Odra	nad soutokem (prof.12)	30	20,000		
3	Ostravice	nad soutokem (prof.11)	117	7,500		
3	Odra <sup>8</sup>	pod soutokem (prof.13)	<b>54</b>	27,500	<b>54</b>	<b>0</b>
4	Odra	nad soutokem (prof.15)	61	29,00		
4	Vrb.stružka	nad soutokem (b.90)	925	0,150		
4	Odra <sup>9</sup>	pod soutokem (prof.16)	<b>71</b>	29,150	<b>65</b>	<b>8</b>
5	Ostravice	nad soutokem	940	1,500		
5	Lučina	nad soutokem	80	0,900		
5	Ostravice <sup>10</sup>	pod soutokem (b.49 až 53)	<b>597</b>	2,400	<b>618</b>	<b>3</b>
5	Ostravice <sup>11</sup>	pod soutokem (b.49,52,53)	735	2,400	618	16
5	Ostravice <sup>12</sup>	pod soutokem (b.50,51)	289	2,400	618	59

Poznámky k tabulce 14:

„b.“ je číslo bodu; v případě řady bodů (např. b. 290 až 294) se jedná o profil přes tyto body a použitá koncentrace je průměrem hodnot z těchto bodů

„prof.“ je číslo profilu (viz tabulka 9)

*číselné indexy u popisu zdroje:*

- <sup>1</sup> 120 m pod výpustí důlních vod a odpadních vod Biocelu
- <sup>2</sup> 410 m pod výpustí důlních vod a odpadních vod Biocelu
- <sup>3</sup> 490 m pod výpustí důlních vod a odpadních vod Biocelu
- <sup>4</sup> 600 m pod výpustí důlních vod a odpadních vod Biocelu
- <sup>5</sup> 50 m pod výpustí důlních vod z VJJ
- <sup>6</sup> 300 m pod výpustí důlních vod z VJJ
- <sup>7</sup> 520 m pod výpustí důlních vod z VJJ
- <sup>8</sup> 400 m pod soutokem
- <sup>9</sup> 750 m pod soutokem
- <sup>10</sup> body z levého i pravého břehu, 40-170 m pod soutokem
- <sup>11</sup> body jen z levého břehu, 40-170 m pod soutokem
- <sup>12</sup> body jen z pravého břehu, 60-130 m pod soutokem

## 12. Závěr

Z mých výsledků a podkladů, které jsem v bakalářské práci shromáždila, vyvozují tyto závěry:

1) Ověřila jsem použitelnost měření elektrické konduktivity vody pro potřebu stanovení chloridů. Rozdíl mezi mnou změřenou vodivostí a vodivostí určenou v laboratoři je do 10%, většinou pod 6%. Použitelnost ale není univerzální. Je velmi vhodná pro samotné důlní vody, kde chloridový iont (spolu se sodným) výrazně převažují a tvoří podstatnou většinu celkové mineralizace. Proto má graf na obrázku 3 tak vysokou spolehlivost. Použitelnost je dobrá i pro povrchovou vodu, pokud je smísená s důlní vodou, i když její přesnost klesá (nižší spolehlivost grafu na obrázku 4). Zřejmě ji ale nelze použít pro jakoukoli vodu; použitelnost metody je nutno nejdříve ověřit dostatečným množstvím přímého stanovení chloridů a vodivosti v laboratoři.

2) Přijatelná shoda výsledků měření koncentrace chloridů a výsledků směsné rovnice je pro vody Dolu Paskov (+Biocelu) ve vzdálenosti cca 600 m pod výpustí, kde je voda už homogenní. Jedná se o profil, probíhající pod splavem nad VJJ (stupeň Kunčice), a to mezi splavem a pilíři železničního mostu (body 276 až 282 z 1. měření). Pro výpust' z VJJ je sice směšovací rovnice teoreticky použitelná cca 550 m pod výpustí, ale voda je

nehomogenní a bylo by nutno provést měření na více místech napříč profilu a ze zjištěných hodnot udělat průměr. Téměř homogenní ( $V < 20\%$ ) je voda v Ostravici až cca 3,4 km pod výpustí z VJJ (90 m nad soutokem s Lučinou). Homogenita vody pod soutoky Odry s Ostravicí i Odry se Stružkou je (ve srovnání s Ostravicí) přijatelná i v menší vzdálenosti pod soutoky. Ověřila jsem vzdálenost cca 400 a 700 m pod soutoky, ale bude to zřejmě i méně – odhaduji cca 300 m (odběry v menší vzdálenosti nebyly možné); zároveň v těchto vzdálenostech platí i směsná rovnice.

3) Míra homogenizace vody je závislá na okamžitém průtoku vody v recipientu. Moje měření probíhalo za mírně (jaro, léto) až silně (podzim) podprůměrných průtocích. Zjistila jsem, že v případě mírně podprůměrného průtoku se voda homogenizuje překvapivě až na delším úseku. Vysvětlení je asi to, že při vyšším vodním stavu jsou mezi mineralizací neznečištěné vody a důlní vody, která je naopak pokaždé přibližně stejné kvality (bez ohledu na klima), větší rozdíly a proto smísení trvá déle. Zdá se taky, že silnější proud sladké vody, který je výrazněji usměrněný po toku (než při nižších stavech), udržuje svou silou boční přítok slané důlní vody déle „při břehu“ a mísení probíhá pomaleji. V případě silně podprůměrného průtoku je homogenizace vody rychlejší. Boční přítok slané důlní vody z VJJ (v době měření navíc v činnosti 2 čerpadla) lépe proniká do středu pomalu tekoucího a slabého proudu Ostravice (která je při nízkém vodním stavu i více mineralizovaná), a to ve výsledku znamená, že se obě složky lépe smísí.

### 13. Seznam literatury

- [1] ČERNÝ, J. A KOL. (2003): *Uhelné hornictví v Ostravsko – karvinském revíru*. Monografie. Anagram, Ostrava. ISBN 80-7342-016-3.
- [2] DVORSKÝ, J., MALUCHA, P., GRMELA, A., RAPANTOVÁ, N. (2006): *Ostravsko-karvinský detrit - spodnobádenská bazální klastika české části Hornoslezské pánve*. Monografie. Montanex, Ostrava. ISBN 80-7225-231-3.
- [3] GRMELA, A., MAŠKOVÁ, E., JELÍNEK, P., TAKLA, G. (2010): *Studie dávkování slaných vod do Odry a jejich přítoků na území České republiky*. Studie GwA 27/10 pro IETU, Katowice, Polsko. Ostrava 30.9.2010, pp. 1-103. MS.
- [4] JELÍNEK, P. (2003-2011): *Zpráva o čerpání a monitoringu důlních vod – Vodní jáma Jeremenko, Ostrava – Vítkovice*. MS.
- [5] MALUCHA, P. (2008): *Řešení hydrogeologických poměrů po uzavření činných dolů OKD, a.s.* Studie. Green Gas DPB, a.s. 257 pp. MS.
- [6] MALUCHOVÁ, J. (2011): *Kontaminanty typické pro hornickou oblast OKR (síraný, chloridy, selen, PAU, amonné ionty)*. Seminární práce pro předmět Kontaminanty životního prostředí v rámci studia na VŠB-TU v Ostravě, IEI.
- [7] MALUCHOVÁ, J. (2009-2011): *OKD, a.s., vyhodnocení vodního hospodářství*. Roční závěrečné zprávy. Green Gas DPB, a.s. MS
- [8] MAŠKOVÁ, E., MALUCHA, P. (2011): *Vliv vypouštění důlních vod na jakost vod povrchových v povodí řeky Odry*. Konference HYDROGEOCHÉMIA'11, VŠB – Ostrava, 14-15.6.2011, Sborník pp. 23-26. ISBN 978-80-248-2441-3.
- [9] PIŠTA, J. (1961): *Ostravsko-karvinský detrit*. Účelová publikace Ministerstva paliv a energetiky. Praha.
- [10] PITTER, P. (1987): *Hydrochemické tabulky*. 1th ed. Praha: SNTL Praha, 04-628-87.
- [11] PITTER, P. (2009): *Hydrochemie*. 4th ed. Praha: VŠCHT Praha, ISBN 978-80-7080-701-9
- [12] RYŠKA, L. (2004): *Ovlivnění povrchových toků vypouštěnými důlními vodami z Dolů ČSM, Darkov a ČSA*. Studie. Green Gas DPB, a.s. MS.

- [13] RYŠKA, L. (1998-2008): *OKD, a.s., vyhodnocení vodního hospodářství*. Roční závěrečné zprávy. Green Gas DPB, a.s. MS.
- [14] YOUNGER, P. L., BANWART, S. A., HEDIN, R. S.: *Mine Water: Hydrology, Pollution, Remediation*. Kluwer Academic Publishers, 2002. ISBN 1-402-00138-X.
- [15] Provozní a manipulační řád pro Dávkovací nádrž v Ostravě-Heřmanicích. Green Gas DPB, a.s., 2008.
- [16] <http://www.flow-group.cz/ysi-proplus-big4>; k 15.1.2012.
- [17] <http://www.ekotechnika.cz/terenni-merici-pristroje-zakladni>; k 15.1.2012.
- [18] <http://www.irz.cz/node/131>; k 31.3.2012.
- [19] <http://www.env.cz>; k 31.12.2011.
- [20] <http://www.heis.vuv.cz>; k 31.12.2011.
- [21] <http://www.irz.cz/repository/latky/chloridy.pdf>; k 20.4.2012
- [22] ústní informace nebo neoficiální zdroje, poskytnuté elektronickou poštou: RNDr. Jiří Grúz, akreditovaný lektor MŽP v oblasti vodního hospodářství, Pavel Ondráček, Studio P ze Žďáru nad Sázavou.

## 14. Seznam legislativy

- Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) ve znění zákona č. 444/2005 Sb.
- Zákon č. 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon)
- Nařízení č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve smyslu změn NV 229/2007 Sb. a 23/2011 Sb.
- Vyhláška č. 98/2011 Sb. o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod



## 15. Seznam příloh

Příloha 1: Celková mapa zájmového území 1 : 100 000

Přílohy 2.1-2.4: Přehledné mapy vzorkovacích míst, vysvětlivky

Příloha 2.1: Část Ostravice-jih, 1 : 33 000

Příloha 2.2: Část Ostravice-sever, 1 : 33 000

Příloha 2.3: Část Odry-jih, 1 : 33 000

Příloha 2.4: Část Odry-sever, 1 : 33 000

Příloha 3: Protokoly hydrochemických analýz

Přílohy 4.1-4.3: Tabulky výsledků měření

Příloha 4.1: Výsledky měření ze dne 21.5.2011

Příloha 4.2: Výsledky měření ze dne 14.8.2011

Příloha 4.3: Výsledky měření ze dne 17.11.2011

Přílohy 5.1-5.6: Mapy výsledků měření

Příloha 5.1: Ostravice, úsek mezi Ščučí a splavem u zbytku železničního mostu, 21.5.2011, 1 : 7 000 („post map“)

Příloha 5.2: Ostravice, úsek mezi Čermákovým jezem a splavem u zbytku železničního mostu, 21.5.2011, 1 : 5 000 („image map“)

Příloha 5.3: Ostravice a Odra, 14.8.2011, 1 : 40 000 („post map“)

Příloha 5.4: Ostravice, úsek mezi VJJ a splavem u zbytku železničního mostu, 17.11.2011, 1 : 4 000 („post map“)

Příloha 5.5: Ostravice, soutok s Lučinou, 27.11.2011, 1 : 1 500 („image map“)

Příloha 5.6: Ostravice, soutok s Lučinou, 27.11.2011, 1 : 1 500 (mapa izolinií)

Příloha 6: Fotodokumentace